खनिज तेल व तज्जन्य रसायने

-एक सुबोध परिचय-

लेखक: प. म. बर्वे



सागर सम्राट



प्रा. परशुराम महादेव बर्वे, एम.एससी. शालेय शिक्षण मालवण (जि. रत्नागिरी). मुंबईच्या विल्सन कॉलेजमधून १९२७ साली बी.एससी. १९३१ साली एम.एससी. (सगौरव). एम.एससी. साठी संशोधनाचा विषय कोलायडी (Colloid) रसायनशास्त्र. ह्या विषयावर इतरांबरोबर तेवीस संशोधनात्मक लेख वैज्ञानिक नियतकालिकांतून प्रसिद्ध. इंडियन केमिकल सोसायटीचे (मुंबई विभाग) अध्यक्षपदी एक वर्ष.

मुंबई विद्यापीठाचे २० वर्षे फेलो. मराठी विज्ञान परिषदचे एक संस्थापक. १९३१ ते १९६९ विल्सन कॉलेजमध्ये उपप्राध्यापक व प्राध्यापक. १९४६ सालानंतर रसायनशास्त्र विभागाचे प्रमुख.



























महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय


महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय


महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय


महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय


महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय





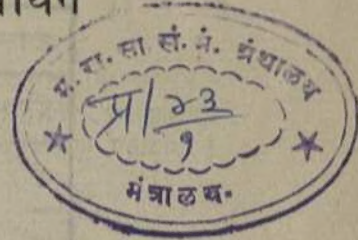



खनिज तेल व तज्जन्य रसायने

— एक सुबोध परिचय —

विज्ञानमाला क्र. ३६

खनिज तेल व तज्जन्य रसायने



— एक सुबोध परिचय —

लेखक : प्रा. प. म. बर्वे

ऑक्टोबर १९७७, शके १८९९

प्रकाशक

सचिव
महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृति मंडळ
मंत्रालय, मुंबई ४०० ०३२

मुद्रक

व्यवस्थापक
शासकीय मध्यवर्ती मुद्रणालय
मुंबई ४०० ००४

मूल्य २८ रुपये

निवेदन

आधुनिक शास्त्रे, ज्ञानविज्ञाने, तंत्र आणि अभियांत्रिकी इत्यादी विषयांत त्याचप्रमाणे भारतीय प्राचीन संस्कृती, इतिहास, कला इत्यादी विषयांत मराठी भाषेला विद्यापीठाच्या स्तरावर ज्ञानदान करण्याचे सामर्थ्य यावे हा मुख्य उद्देश लक्षात घेऊन साहित्य-संस्कृति मंडळाने वाङ्मय निर्मितीचा विविध कार्यक्रम हाती घेतला आहे. मराठी विश्वकोश, मराठी भाषेचा महाकोश, वाङ्मयकोश, विज्ञानमाला, भाषांतरमाला, आंतरभारती-विश्वभारती, महाराष्ट्रेतिहास इत्यादी योजना या कार्यक्रमात अंतर्भूत केल्या आहेत.

२. शिक्षणाच्या प्रसाराने मराठी भाषेचा विकास होईल ही गोष्ट तर निर्विवादच आहे. पण मराठी भाषेचा विकास होण्यास आणखीही एक साधन आहे आणि ते साधन म्हणजे मराठी भाषेत निर्माण होणारे उत्कृष्ट वाङ्मय हे होय. जीवनाच्या भाषेतच ज्ञान व संस्कृती यांचे अधिष्ठान तयार व्हावे लागते. जोपर्यंत माणसे परकीय भाषेच्याच आश्रयाने शिक्षण घेतात, कामे करतात व विचार व्यक्त करतात तोपर्यंत शिक्षण सकस बनत नाही. संशोधनाला परावलंबित्व राहते व विचाराला अस्सलपणा येत नाही. एवढेच नव्हे तर वेगाने वाढणाऱ्या ज्ञानविज्ञानापासून सर्वसामान्य माणसे वंचित राहतात. मराठी भाषेला विद्यापीठीय भाषेचे प्रगल्भ स्वरूप व दर्जा येण्याकरिता मराठीत विज्ञान आणि तंत्रविज्ञान, तत्त्वज्ञान व सामाजिक शास्त्रे या विषयांवरील संशोधनात्मक व अद्ययावत माहितीने युक्त अशा ग्रंथांची रचना मोठ्या प्रमाणावर होण्याची आवश्यकता आहे.

३. वरील विषयांवर केवळ परिभाषाकोश अथवा पाठ्यपुस्तक प्रकाशित करून विद्यापीठीय स्तरावर अशा प्रकारचे स्वरूप व दर्जा मराठी भाषेला प्राप्त होणार नाही. सर्वसामान्य सुशिक्षितांपासून तो प्रज्ञावंत पंडितांपर्यंत मान्य होतील अशा ग्रंथांची रचना व्हावयास पाहिजे. मराठी भाषेत किंवा अन्य भारतीय भाषांमध्ये विज्ञान, सामाजिक शास्त्रे व तंत्रविज्ञान या विषयांचे प्रतिपादन करावयास उपयुक्त अशा परिभाषा-सूची किंवा परिभाषा-कोश तयार होत आहेत. पश्चिमी भाषांना अशा प्रकारच्या कोशांची गरज नसते, याचे कारण उघड आहे. पश्चिमी भाषांत ज्या विद्यांचा संग्रह केलेला असतो, त्या विद्यांची परिभाषा सतत वापराने रूढ झालेली असते. त्या शब्दांचे अर्थ त्यांच्या

उच्चारावरोबर वा वाचनावरोबर वाचकांच्या लक्षात येतात, निदान त्या त्या विषयांतील जिज्ञासूंना तरी ते माहीत असतात. अशी स्थिती मराठी किंवा अन्य भारतीय भाषांची नाही. परिभाषा किंवा शब्द यांचा प्रतिपादनाच्या ओघात समर्पकपणे वारंवार प्रतिष्ठित लेखात व ग्रंथात उपयोग केल्याने अर्थ व्यक्त करण्याची त्यात शक्ती येते. अशा तऱ्हने उपयोगात न आलेले शब्द केवळ कोशात पडून राहिल्याने अर्थशून्य राहतात. म्हणून मराठीला आधुनिक ज्ञानविज्ञानांची भाषा बनविण्याकरिता शासन, विद्यापीठे, प्रकाशनसंस्था व त्या त्या विषयांचे कुशल लेखक यांनी मराठी ग्रंथरचना करणे आवश्यक आहे.

४. वरील उद्देश ध्यानात ठेवून मंडळाने जो बहुविध वाङमयीन कार्यक्रम आखला आहे त्यातील पहिली पायरी म्हणून सामान्य सुशिक्षित वाचकवर्गाकरिता, इंग्रजी न येणाऱ्या कुशल कामगाराकरिता व पदवी/पदविका घेतलेल्या अभियंत्याकरिता सुबोध भाषेत लिहिलेली विज्ञान व तंत्रविषयक पुस्तके प्रकाशित करून स्वल्प किंमतीत देण्याची व्यवस्था केलेली आहे. मंडळाने आजवर आरोग्यशास्त्र, शरीरविज्ञान, जीवशास्त्र, आयुर्वेद, गणित, ज्योतिषशास्त्र, भौतिकी, रेडिओ, अणुविज्ञान, सांख्यिकी, स्थापत्यशास्त्र, वनस्पतिशास्त्र, पाणीपुरवठा, वस्त्रोद्योग इत्यादी विषयांवर ३३ दर्जेदार पुस्तके विज्ञानमालेत प्रकाशित केली आहेत. प्रकाशचित्रणकला, गणकयंत्रे, रंग, कृत्रिम धागे, पुस्तक-बांधणी, मोटार दुरुस्ती, वैमानिक विद्या, अवकाशयान, साखर, सीमेंट, वास्तुकला इत्यादी इतर अनेक विषयांवरील पुस्तके तयार होत आहेत.

५. प्रस्तुत "खनिज तेल व तज्जन्य रसायने—एक सुबोध परिचय" हे पुस्तक प्रा. प. म. बर्वे, मुंबई यांनी मंडळास लिहून दिले. शास्त्रीयदृष्टया या विषयाची सामान्य जनतेला मराठीतून माहिती करून देणारी पुस्तके आज उपलब्ध नाहीत. आजची ही आत्यंतिक गरज हे पुस्तके पुरविणार आहे. पुस्तकाचे स्वरूप, मांडणी व उद्‌बोधक माहिती ह्या गोष्टी लक्षात घेता प्रा. बर्वे यांनी या विषयावर ग्रंथरचना करून शास्त्रीयदृष्टया मराठी वाङमयात मोलाची भर घातली आहे. सदर पुस्तक मंडळाच्या विज्ञानमालेत प्रकाशित करण्यास मंडळास आनंद होत आहे.

वाई : **लक्ष्मणशास्त्री जोशी**

आश्विन १०, शके १८९८ अध्यक्ष
विजयादशमी महाराष्ट्र राज्य साहित्य
दिनांक २ ऑक्टोबर १९७६ आणि संस्कृति मंडळ

प्रस्तावना

जुणीपुरी १०० वर्षेतरी केरोसीन तेल म्हणजेच रॉकेल हे आपल्या परिचयाचे आहे. खेडेगावापासून शहरापर्यंत, गरीबापासून श्रीमंतापर्यंत रॉकेलचे दिवे व कंदील ह्यांचा उपयोग उज्ज्वल प्रकाशासाठी करण्यात येत असे. थोड्या उशीरा स्वयंपाकघरामध्ये स्टोव्ह आले व झगझगीत प्रकाशासाठी किटसनचे दिवे आले, ते सुद्धा रॉकेलचेच. अगदी अलिकडे बऱ्याच खेडेगावांतसुद्धा विजेच्या दिव्यांची योजना झाली आहे. तथापि कित्येक वर्षे प्रकाशासाठी मुख्यत: रॉकेलचाच उपयोग होत होता. अजूनही काही ठिकाणी व काही वेळा तो होतोच. तरीपण हे तेल आहे तरी काय ? ते येते कोठून ? ते तयार करतो कोण व कशापासून ? ह्या गोष्टीबद्दल फारसे कुतूहल पूर्वी तरी दिसले नाही.

स्वातंत्र्यप्राप्तीनंतर मात्र खनिज तेल व त्यापासून निघणारे रॉकेल, पेट्रोल वगैरेबद्दल आपल्यामध्ये नवीन जागृती आल्यासारखी दिसते. ह्याचे प्रमुख कारण म्हणजे भारत सरकारचे तेल संशोधन व तेल शुद्धीकरण ह्या विषयांचे नवीन धोरण. मुंबईमध्ये व इतरत्र तेल शुद्धीकरणाचे कारखाने निघाले. आसाम-प्रमाणेच गुजरात राज्यामध्ये नवीन तेल-क्षेत्रे मिळाली. आता तर महाराष्ट्रा-मध्ये मुंबईलगतच्या पाणबुडपट्टीमध्ये तेल-क्षेत्र निर्माण होण्याची खात्री वाटू लागली आहे.

भारतामधील खनिज तेलाच्या उत्पादनात वाढ झाली. तरीपण आपण अजूनही खनिज तेलाच्या आयातीवर अवलंबून आहो. आपले परावलंबन किती आहे, ह्याची जाणीव तीव्रतेने झाली ती १९७३ साली.

१९७३ मध्ये इस्राएल-अरब युद्ध सुरू झाले. अरबराष्ट्रांनी आपल्या शस्त्रा-गारातील शेवटचे आयुध म्हणून तेलाची निर्मिती कमी करून तेलाच्या किमती भरमसाठ वाढविल्या. त्यामुळे औद्योगिकदृष्ट्या प्रगत असलेली जगातील सर्व राष्ट्रे हादरली. त्याची झळ भारताला पण लागली. खनिज तेलामधील सुप्त सामर्थ्य प्रथमच प्रकट झाले. खनिज तेलाबद्दल सर्वत्र जागरुकता वाढली. भारतामध्ये पेट्रोल, रॉकेल ह्यांच्या किमती हिशेबाबाहेर का वाढल्या ह्याचे

कारण आपल्या ध्यानात आले. परंतु आपला (जळाऊ) गॅस, साबण-पूड, खतें, रंगद्रव्यें, रबर, जंतुनाशके, प्लॅस्टिक द्रव्यें व इतर तत्सम आपल्या गरजेचे पदार्थ महाग का व्हावेत! आपल्या ह्या नित्योपयोगी वस्तू व खनिज तेल ह्यांचा संबंध काय हे कोडे मात्र सामान्य माणसाला तरी उलगडत नाही.

खनिज तेलाच्या शुद्धीकरणातून निघणाऱ्या बऱ्याच अपद्रव्यांचा उपयोग करून मुंबई व इतर ठिकाणी खनिज तेलजन्य रसायनांचे (पेट्रो-रसायनांचे) कारखाने निघालेले आहेत. त्यातूनच (जळाऊ) वायू, साबण-पूड, खतें, रंग, जंतुनाशके वगैरे पदार्थांची निर्मिती होत आहे. हे कारखाने अप्रत्यक्षपणे खनिज तेलावर अवलंबून आहेत. खनिज तेलाच्या भरमसाठ वाढलेल्या किंमतीचा ह्या वस्तूंच्या उत्पादनखर्चावर परिणाम झाल्याशिवाय कसा राहील? असा हा खनिज तेल व ह्या बहुविध वस्तू ह्यांचा संबंध आहे.

खनिज तेलाच्या शोधासाठी, निर्मितीसाठी, त्याच्यावर विविध संस्कार करण्यासाठी व त्यापासून विविध रासायनिक द्रव्यें व सुबक व उपयुक्त वस्तू तयार करण्यासाठी शेकडोच नव्हे तर हजारोंनी शास्त्रज्ञ, तंत्र-विशारद रात्रं-दिवस खपत असतात. त्यांना रानावनात, वाळवंटात व दलदलीच्या जमिनीवर, एवढेच काय तर समुद्रावर पण तेल शोधण्याचे काम करावे लागते. त्यानंतर शास्त्रज्ञ व तंत्रज्ञ खाणीतून तेल बाहेर काढतात. उपलब्ध झालेल्या तेलापासून कारखान्यामध्यें विविध द्रव्ये तयार होतात. गेली १०० वर्षे सतत चाललेला हा सारा भगीरथ प्रयत्न आपल्या वापरातील शेकडो वस्तूंच्या मागे आहे. हा इतिहास कळला तर सामान्य माणूससुद्धा ह्या वस्तूकडे जास्त आस्थापूर्वक पाहील, त्याची जिज्ञासूवृत्ति जागृत होईल. खरे म्हणजे हे पुस्तक लिहिण्यामागे हाच हेतू आहे. हे पुस्तक खनिज तेल-तंत्र-विद्या-विशारदांसाठी किंवा रसायन-शास्त्रज्ञांसाठी नाही. हे पुस्तक आहे, सर्वसाधारण सुबुद्ध वाचकांसाठी. हाच वाचकवर्ग डोळ्यापुढे ठेवून पुस्तकाची रचना व विषयविस्तार केलेला आहे. अशा प्रकारच्या पुस्तकांना दुसरा एक वाचकवर्ग संभवतो. तो म्हणजे तज्ञांचा, पण दुसऱ्या एकाद्या विज्ञान शाखेतील. हे लोक आपल्या क्षेत्रात तज्ञ असले तरी दुसऱ्या क्षेत्रामध्यें अज्ञ नसले तरी अतज्ञ असतात. स्वतःच्या विषयातील काही

समस्या सोडविण्याच्या दृष्टीने, त्यांच्या संशोधन क्षेत्राशी निगडित असलेल्या, दुसऱ्या क्षेत्रातील महत्त्वाच्या कार्याच्या थोड्या ढोबळ स्वरूपाच्या माहितीची त्यांना गरज असतेच. ह्या वाचकवर्गालाही हे पुस्तक उपयुक्त वाटेल अशी अपेक्षा आहे.

हे पुस्तक लिहिताना संदर्भ-ग्रंथांची जमवाजमव करण्याच्या कामी बराच वेळ लागला. ह्याशिवाय इतर अडचणी होत्याच. त्यामुळे हे पुस्तक तयार व्हावयाला थोडा जास्त वेळ लागला. महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृति मंडळाच्या भाषांतर विभागाचे मानसेवी संपादक श्री. बा. रं. सुंठणकर ह्यांनी बऱ्याच सवलती दिल्या, त्याचप्रमाणे काही उपयुक्त सूचनाही केल्या. ह्याबद्दल मी त्यांचा ऋणी आहे. साहित्य व संस्कृति मंडळाचे सचिव श्री. द. य. राजाध्यक्ष ह्यांचेकडून मिळालेल्या मार्गदर्शनाबद्दल व साहाय्याबद्दल मी त्यांचा आभारी आहे.

राधा ब्लॉक्स
शास्त्री हॉल
मुंबई ४०० ००७

प. म. बर्वे

अनुक्रमणिका

प्रकरण एक

विषयप्रवेश

तेलाच्या उगमस्थानावरून तेलाचे तीन प्रमुख प्रकार मानता येतील. ते म्हणजे : (१) वनस्पतिजन्य तेले, (२) प्राणिज तेले, आणि (३) खनिज तेले. खोबऱ्यापासून किंवा शेंगदाणे, तीळ वगैरे बियांपासून निघणाऱ्या तेलांना वनस्पतिजन्य तेले असे म्हणतात. गाई-म्हशींचे तूप किंवा शार्क, कॉड वगैरे माशांच्या यकृतापासून काढण्यात येणारी औषधी तेले, त्याचप्रमाणे चरबी, टॅलो, मेण (मधमाशीचे) वगैरे प्राणिज तेले आहेत. ह्यापैकी काही वनस्पतिजन्य तेले व काही प्राणिज तेले फार पुरातन काळापासून माणसाच्या परिचयाची आहेत. तेल ह्या शब्दाची उत्पत्ती तीळ ह्या शब्दावरून झाली असावी असे मानण्यात येते. तिळाचे तेल काढणे सोपे आहे आणि तिळाची लागवड पुष्कळ ठिकाणी होऊ शकते. म्हणजे प्राचीन भारतीयांच्या सहज हाती येणारे तेच पहिले गळिताचे धान्य असावे. तिळापासून निघणाऱ्या द्रवाला त्यांनी साहजिकच तेल असे नाव ठेवले असावे. त्यानंतर तत्सम इतर पातळ व काही तपमानाला घनरूपसुद्धा असणाऱ्या साऱ्या द्रव्यांना सर्वसाधारणपणे तेल असे नाव ठेवण्यात आले असावे. तेलाचे बहुविध गुणधर्म असणाऱ्या सर्वच द्रव्यांना आता तेल हा शब्द वापरण्यात येतो.

प्राण्यांमध्ये काय किंवा वनस्पतीमध्ये काय त्यांच्या शरीरामध्ये जीवनक्रिया सतत चालू असते. जीवनक्रियेमध्ये कितीतरी रासायनिक घडामोडी होत असतात. त्यामध्ये इतर द्रव्यांच्या निर्मितीबरोबर तेलाची पण थोड्याफार प्रमाणात निर्मिती होत असते. शरीररक्षण व पोषण ह्यांसाठी त्यांची जरूरी असते.

खनिज तेल व काही संज्ञा

तिसरा तेलाचा प्रकार म्हणजे खनिज तेल. हे तेल खाणीतून काढतात म्हणून त्याला खनिज तेल असे म्हणतात. खनिज तेलासाठी विहिरी खोदाव्या लागतात. खनिज तेलाचा परिचय बराच जुना असला तरी खनिज तेल ह्या उद्योगाला १८५९ साली आरंभ झाला. तेल आता सर्व जग व्यापून राहिले आहे. खाणीतून तेल पृष्ठभागावर आणतात ते मुख्यत: पंप करून. खनिज तेल हे बहुविध तैल-प्रकारांचे मिश्रण असते. तेल हे एकजिनसी नसते. ह्या तेलाला 'क्रूड ऑईल' किंवा अशुद्ध तेल असे म्हणतात. ह्यालाच 'पेट्रोलिअम' असेही नाव आहे. आपल्याकडे सर्रास वापरात असलेला दुसरा शब्द म्हणजे 'पेट्रोल'. मोटार-गाड्यांमध्ये इंधन म्हणून वापरतात ते पेट्रोल. ते पेट्रोलिअम नव्हे हे मुद्दाम लक्षात ठेविले पाहिजे. थोड्याशा शब्द किंवा उच्चारसादृश्यामुळे घोटाळा होण्याची शक्यता असते म्हणून प्रारंभीच पुढील स्पष्टीकरण दिलेले आहे. पेट्रोलिअम ह्या अशुद्ध तेलावर विविध संस्कार करून पेट्रोल हा एक तेलप्रकार वेगळा करून घेतात. खरे म्हणजे पेट्रोल हा शब्द अमेरिकेमध्ये रूढ दिसत नाही. त्याऐवजी 'गॅसोलिन' असा स्वतंत्र व काहीसा अर्थवाही असा शब्द अमेरिकेमध्ये वापरात आहे. जळणारा वायू निर्माण करणारे द्रव्य ह्या अर्थी हा शब्द प्रचलित आहे. मोटारीच्या इंजिनमध्ये गॅसोलिनच्या वाफेचे म्हणजे वायुरूप (गॅसरूप) गॅसोलिनचे ज्वलन होत असते. ह्या संदर्भामध्ये हा शब्द अर्थवाही आहे.

पेट्रोलिअम काय किंवा पेट्रोल काय ह्या दोन्ही शब्दांचा मूळ अर्थ खडकातून (पेट्रॉस = खडक) काढलेले एवढाच आहे. खडक ह्याला इंग्रजी प्रतिशब्द रॉक (rock) हा आहे. ह्यावरून आपल्याकडे रूढ असलेला दुसरा शब्द म्हणजे 'रॉकेल' (रॉक + ऑईल). ह्यालाच केरोसीन (केरॉस = मेण) असेही म्हणतात. घासलेट किंवा घासटेल (गॅस तेल) असाही दुसरा शब्द वापरण्यात येतो. ह्या ठिकाणी जळणारा वायू निर्माण करणारे दिव्यातील तेल हा अर्थ अभिप्रेत आहे. हे सर्व तैलप्रकार खडकातून काढलेले असतात हे खरे. परंतु प्रत्यक्षात खाणीतून बाहेर येते ते 'पेट्रोलिअम' किंवा अशुद्ध तेल. ह्या पेट्रोलिअम-वर विशेष संस्कार करून पेट्रोल, रॉकेल वगैरे द्रव इंधने मिळवावी लागतात.

खनिज तेल सापडते कोठे ? ह्या प्रश्नाच्या उत्तरात येणाऱ्या एका रूढ शब्दाबद्दल स्पष्टीकरण आवश्यक आहे. खनिज तेल हे भूगर्भात असते असे म्हणणे बरोबर होणार नाही. भूमध्य हा भूपृष्ठाखाली निदान ६-७ हजार किलोमीटर तरी आहे. ह्यावरून भूगर्भ, भूमीचे पोट किंवा पृथ्वीचे उदर भूपृष्ठाखाली किती खोल असेल ह्याची कल्पना येईल. आपण आज पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली अवघ्या १०-११ किलोमीटरपेक्षा जास्त खोल जाऊ शकलो नाही. त्यापेक्षा जास्त खोल जाणे अशक्य नसले तरी बरेच अवघड आहे. तेव्हा तेलाच्या खाणी भूपृष्ठाखाली आहेत असे म्हणणे जास्त यथार्थ होईल. परंतु थोडी जास्त खोली दाखविण्यासाठी दुसऱ्या योग्य शब्दाच्या अभावी भूगर्भ हा शब्द केवळ तो मराठीमध्ये रूढ आहे म्हणून वापरण्यात आला आहे. भूगर्भ शब्दाचा ह्या ठिकाणी अगदी मर्यादित अर्थच अभिप्रेत आहे हे ध्यानात ठेविले म्हणजे अर्थाचा घोटाळा होणार नाही.

नैसर्गिक (जळाऊ) वायू

खनिज तेलाबरोबर सामान्यतः आढळणारा 'नैसर्गिक वायू' (natural gas) ह्याचा विचार पण खनिज तेलाबरोबरच करावा लागतो. नैसर्गिक वायू हा शब्द खाणीमध्ये सापडणाऱ्या हायड्रो-कार्बन वायूच्या बाबतीत वापरतात. तो हायड्रोजन व कार्बन ह्यांचा संयुग बनलेला असतो व जळाऊ असतो. शिवाय त्यापासून काही रासायनिक द्रव्ये पण बनविता येतात. तसे पाहिले तर हवेमध्ये असलेले वायू हेसुद्धा नैसर्गिकच. परंतु 'नैसर्गिक वायू' हा शब्द नैसर्गिकरीत्या आढळणारा 'जळाऊ' वायू ह्या मर्यादित अर्थानेच वापरला जातो हे ध्यानात ठेविले पाहिजे.

ह्या पुस्तकामध्ये खनिज तेलजन्य रसायने ह्यांचा सविस्तर विचार पुढे व्हावयाचा आहे. पेट्रोलिअम ह्या शब्दाचा रूढ अर्थ परिचित झाल्यानंतर पेट्रोलिअमपासून निघणारी रसायने त्याऐवजी 'पेट्रो-रसायने' हा शब्द रूढ होण्यासारखा आहे. ह्या शब्दाची घडण भाषेच्या दृष्टीने कदाचित सदोष असेल, तरी पण शब्द अर्थवाही व सुटसुटीत आहे ही त्या शब्दाची जमेची बाजू आहे. म्हणूनच तो शब्दही वापरण्यात आलेला आहे.

तेलाचे गुणधर्म

खनिज तेल, प्राणिज तेल आणि वनस्पतिजन्य तेल ही सर्व 'तेल' वर्गामध्ये किंवा तैलसृष्टीमध्ये मोडतात. तेले ही बहुधा द्रवरूप असतात. परंतु काही तेले नेहमीच्या तपमानालासुद्धा गोठतात व घट्ट होतात. थंडीमध्ये तूप, खोबरेल, भिरंडीचे तेल, मेण वगैरे तेलप्रकार घनरूप असतात. त्यांना 'फॅट' असे म्हणतात. ह्या सर्वांमध्ये काही गुण समान आहेत, तर काही अगदी भिन्न आहेत. सर्व तेलांमध्ये स्निग्धपणा (कोणत्याही वस्तूला किंवा हाताला सहज चिकटणे) व बुळबुळीतपणा हे गुण असतात. कागदाला तेलाचा स्पर्श होताच तेथे डाग पडतो व कागद काहीसा पारदर्शक बनतो. तेले ही पाण्यामध्ये विरघळत नाहीत किंवा मिसळत नाहीत. तेल हे पाण्यापेक्षा वजनाने हलके असल्यामुळे तेल व पाणी ही एकत्र मिसळली व पुष्कळ हालविली तरी शेवटी पाण्याचा थर खाली राहतो व तेलाचा थर वर तरंगतो. तेल व पाणी ह्यांचे मिश्रण एकजीव किंवा एकसंध करणे अशक्य नसले तरी सहज साध्य नाही.

तेल व पाणी ह्यांच्या एकसंध मिश्रणाला 'पायस' किंवा इमल्शन (emulsion) असे म्हणतात. अशी काही मिश्रणे निसर्गामध्ये म्हणजे नैसर्गिकरीतीने झालेली आढळतात. काही ठिकाणी तेलाचे चांगले गुण कायम ठेवून, तेलाचा तेलकटपणा, बुळबुळीतपणा, वगैरे दोष कमी करण्यासाठी किंवा झाकण्यासाठी तेल-पाणी मिश्रणे कृत्रिमरीतीने तयार केलेली असतात. ओला नारळ खोवून व नंतर तो पिळून त्याचा रस काढतात. नारळाचा दुधासारखा दिसणारा रस हे पाणी व खोबरेल ह्यांचे नैसर्गिक पायस आहे. तसे पाहिले तर दुधामध्येसुद्धा इतर द्रव्यांबरोबर स्निग्धांश व पाणी ह्यांचे एकजीव मिश्रण झालेले असते. 'लिक्विड पॅरॅफिन' हे औषधी तेल, त्याच्या बुळबुळीतपणामुळे पिणे मोठे कंटाळवाणे वाटते. परंतु त्याचे पाण्याबरोबर कृत्रिमरीतीने बनविलेले एकसंधी मिश्रण पिताना पाण्यासारखे लागते. ते घ्यावयाला सोपे जाते आणि त्याचे औषधी गुण मात्र बदलत नाहीत. केसांना लावावयाची बाजारात मिळणारी विविध 'हेअर क्रीम्स' हीसुद्धा खोबरेल व पाणी ह्यांची कृत्रिमरीतीने एकजीव झालेली मिश्रणे असतात. ह्या मिश्रणांमध्ये तेलाचा बुळबुळीतपणा नसतो हेच त्यांचे आकर्षण.

तेल पाण्यामध्ये सहज मिसळत नसल्याने ते वर तरंगते, त्याचे काही फायदे आहेत, तसेच तोटे पण आहेत. ह्याचा प्रत्यय विशेषत: खनिज तेलाच्या बाबतीत येतो. पाण्याची घनता १ धरली तर तेलाची घनता ०.८५ ते ०.९४ एवढी असते. त्यामुळे तेलाच्या खाणीमध्ये खाली पाणी व वर तेलाचा थर व त्यावर बहुधा नैसर्गिक (जळाऊ) वायूचा थर अशी सामान्यत: रचना असते. त्यामुळे खाणीतून पाणी वगळून तेल वर काढता येते. परंतु केव्हा केव्हा अनपेक्षित अडचणी पण निर्माण होतात. विशेषत: रॉकेल किंवा पेट्रोल ह्यांच्या मोठ्या टाकीला आग लागली तर, आग विझविण्याची अग्निशामक दलाची नेहमीची पद्धती म्हणजे पाण्याचा जोराचा फवारा मारणे ही होय. इतर ठिकाणी ह्या पद्धतीचा उपयोग होतो. परंतु तेलाला आग लागली तर मात्र पाण्याने अग्नीचे शमन तर होत नाहीच, उलट आग पसरण्यास मदत होते. जळत्या तेलावर पाणी ओतले तर जळणारे तेल पाण्यावर पसरते व अग्नीचे क्षेत्र प्रसरण पावते. त्यामुळे आगीचा धोका आणखीनच वाढतो. तेल-पाण्याचे हे गुणधर्म लक्षात घेऊन आग विझविण्यासाठी निराळेच तंत्र वापरावे लागते.

तेले ही सहज जळतात. तेल जळून उष्णता व प्रकाश ह्यांची निर्मिती होते. तेले विशेष तापविल्यास ती पेट घेतात. सर्व तेलांमध्ये असलेले हे समान गुणधर्म आहेत.

रसायनशास्त्रदृष्ट्या खनिज तेले ही वनस्पतीजन्य तेले व प्राणिज तेले ह्यांहून भिन्न आहेत. खनिज तेलामध्ये कार्बन व हायड्रोजन हीच दोन मूलद्रव्ये असतात. ह्या मूलद्रव्यांचे परस्पर प्रमाण ठराविक असते. म्हणूनच ह्या तेलांना 'हायड्रो-कार्बन' असेही म्हणता येईल. त्यामध्ये ऑक्सिजन किंवा इतर मूलद्रव्ये नसतात. कदाचित असली तर ती अंगभूत नाहीत. ती केवळ अशुद्धी म्हणून तेलामध्ये येतात. प्राणिज व वनस्पतीजन्य तेलांमध्ये हायड्रोजन, कार्बन ही मूलद्रव्ये तर असतातच, त्याशिवाय त्यामध्ये ऑक्सिजन पण असतो. वनस्पतीजन्य तेले ही ग्लिसरीन व तैल (फॅटी) आम्ले ह्यांचे संयुग असतात. प्राणिज तेलामध्ये पण अशाच प्रकारची रचना असते.

वनस्पतिजन्य व प्राणिज तेले ही त्यांच्या विशिष्ट रासायनिक रचनेमुळे शरीरामध्ये सहज आत्मसात केली जातात. शरीर पोषणासाठी व शरीराला क्रियाशक्तीची गरज पडेल तेव्हा सहज वापरता येईल असा तेलसंग्रह किंवा साठवण म्हणून शरीराला त्याचा उपयोग होतो. बियांमधील बीजांकुराची पहिली वाढ होत असताना तेलाच्या पोषण गुणांचा प्रत्यय येतो. बीजांकुरांचे प्रारंभीचे पोषण व त्याची वाढ होण्यासाठी मातीतून किंवा हवेमधून काहीच पोषण किंवा अन्न मिळत नाही. वनस्पतीसृष्टीमध्ये मातेकडून पोषण होणे शक्य नसल्यामुळे, वाढीसाठी आवश्यक ती अन्नशिदोरी बियांतील बीजांना गर्भावस्थेपासून बरोबर सांभाळावी लागते.

आपल्या शरीर पोषणाला व शरीराची क्रियाशक्ती चालू ठेवण्यासाठी तेलाप्रमाणे साखर, पिष्टमय पदार्थ किंवा प्रथिने (प्रोटीन्स) ह्यांचा पण उपयोग होतो हे खरे. परंतु त्याबाबतीत तेलाला विशेष महत्त्व आहे. पिष्टमय पदार्थ किंवा प्रथिने ह्यांच्यापेक्षा तेवढ्याच वजनाच्या तेलामधून क्रियाशक्ती साधारणतः दुप्पट निर्माण होते. शिवाय पिष्टमय पदार्थ व प्रथिने शरीरामध्ये साचून राहू शकत नाहीत. तेलाचा मात्र शरीरामध्ये संचय होऊ शकतो. ह्याचा प्रत्यय जरूरीपेक्षा जास्त आहार व विशेषतः तेलपदार्थ असलेला आहार घेणाऱ्या माणसाच्या लठ्ठपणामध्ये येतो. अशा माणसाला मेदवृद्धि झालेला माणूस असे म्हणतात. प्रामाणिकपणे दीर्घकाळ उपवास करणाऱ्यांना किंवा नाईलाजाने उपास घडणाऱ्या माणसांचे वजन घटते व मेदवृद्धी कमी होते. ह्याचे कारण तेल संचय वापरून कमी होतो हे होय.

खनिज तेले ह्याबाबतीत अगदी निराळी आहेत. खनिज तेले ही हायड्रो-कार्बने असल्यामुळे ती शरीरपोषण करू शकत नाहीत. त्याचप्रमाणे ती शरीरामध्ये साचून राहत नाहीत. खनिज तेलापासून निघणारे 'लिक्विड पॅराफिन' किंवा 'पॅराफिन ऑईल' हे औषधी द्रव्य म्हणून पोटात घेतात. परंतु पोटात त्यामध्ये काहीच फेरबदल न होता ते जसेच्या तसे परसाकडेच्या वाटेने बाहेर पडते. त्यामुळे मलविसर्जनाचा मार्ग मऊ व बुळबुळीत होतो. मल घट्ट होत नाही व मलावरोध थांबतो. त्या औषधाचा एवढाच हेतू असतो.

तेलाच्या सर्व गुणांचा विचार करता तेलाचे प्रमुख उपयोग म्हणजे :

(१) वंगणासाठी, (२) ज्वलनासाठी इंधन म्हणून व (३) अन्न म्हणून होतात, हे आपल्या ध्यानात येईल. खनिज तेलाच्या बाबतीत तिसरा उपयोग होत नाही. परंतु खनिज तेलाचे महत्त्व आहे ते यंत्रे चालविण्यासाठी. आजच्या ह्या यंत्रयुगामध्ये खनिज तेलाचे उत्पादन इतर तेलांपेक्षा हजारो पटीने जास्त आहे त्याचे कारण हेच होय.

यंत्रे चालविण्यासाठी खनिज तेल इंधन म्हणून म्हणजे उष्णता उत्पादनाचे साधन म्हणून वापरतात. यंत्रे चालविण्याचे काम झाल्यावर त्या उष्णतेचे पुढे काय होते ? ती नाश पावते का ? नाही. उष्णतेचा नाश होत नाही. उष्णता शेवटी वातावरणामध्ये जाते. वातावरणात उष्णता विलीन झाल्यावर वातावरण अल्पप्रमाणात गरम होते. वातावरणातील ह्या उष्णतेचा उपयोग करून घेता येत नाही. म्हणूनच ह्या उष्णतेला निरुपयोगी उष्णता किंवा शास्त्रीय परिभाषेमध्ये 'अनुपलब्ध' उष्णता असे म्हणतात.

इंधन म्हणून तेलाप्रमाणे कोळशाचा पण उपयोग होतो. खरे म्हणजे दगडी कोळशाचा शोध बराच जुना आहे व त्याचा उपयोग सर्वपरिचित आहे. परंतु तेल हे प्रवाही असल्यामुळे त्याची नळातून वाहतूक करणे, वितरण करणे, मोजमाप घेणे, विक्री करणे, किंवा त्यावर रासायनिक संस्कार करणे, शुद्धीकरण करणे वगैरे कितीतरी क्रिया सोप्या होतात. तेलाच्या प्रवाही गुणामुळे तेल हे इंधन वापरणाऱ्या मोटार गाड्या, बसगाड्या, ट्रक्स वगैरे अंतर्दहन इंजिने असलेल्या गाड्या व विमाने निघाली आणि प्रवासी लोकांचा व माल वाहतुकीचा प्रश्न अगदी सोयीचा व सुलभ झाला. कोठे घाण नाही, काजळी नाही, धूर नाही की राख नाही. जगामध्ये आज कोट्यवधी टन खनिज तेले खाणीतून बाहेर काढणे, त्यांचे शुद्धीकरण करणे, नंतर ते नळांतून, तेलवाहू बोटींतून किंवा ट्रकमधून डेपोमध्ये संग्रह करणे व शेवटी मोटारीमध्ये किंवा ट्रकमध्ये भरणे, त्याचे मोजमाप करणे, ह्या सर्व क्रिया पंपाच्या साहाय्याने होत असताना तेल हे प्रत्यक्षपणे कोठेच दिसत नाही. पृथ्वीच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत तेल हजारो मैलांचा प्रवास करते. परंतु हे सारे घडते अदृश्यपणे. एवढ्या ह्या साऱ्या प्रचंड घडामोडी होत असतात. परंतु त्या साऱ्या माणसाच्या हाताचा

तेलाला स्पर्शही न होता. केवढी ही अफाट व अतर्क्य योजना ! तेलाचा वापर वाढत गेला त्याला तेलाचा हा प्रवाही गुण फारच उपकारक ठरला आहे. जगाला लागणाऱ्या साऱ्या इंधनाचा म्हणजेच शक्ती उत्पादनाच्या साधनांचा निम्मा भाग तेल पुरवीत आहे. एवढा हा तेल उद्योगाचा व्याप आहे. त्याचे श्रेय तेलाच्या प्रवाही गुणाला दिले पाहिजे.

कोळसा हे इंधन मागे पडले ?

खनिज तेलाचा शोध लागल्यावर दगडी कोळसा ह्या इंधनाकडे लोकांचे दुर्लक्ष झाले असेल का ? किंवा इंधन म्हणून किंवा अन्य कामी कोळसा मागे पडला असेल की काय अशी शंका काहींच्या मनामध्ये येणे शक्य आहे. परंतु तसे घडलेले नाही. गेल्या ५०–६० वर्षांत जगातील काही राष्ट्रांमध्ये औद्योगिक विकास झपाट्याने झाला. तेथील लोकांच्या वाढत्या गरजा व संपन्न जीवनमान ठेवण्याची धडपड ह्यासाठी लागणारी शक्ती-साधने प्रभावीपणे कोळशाला पुरविता येणे शक्य नव्हते. त्याच्या जोडीला दुसरे शक्ती-साधन पाहिजे होते. ती गरज खनिज तेल भागवीत आहे. आजही कोळसा बऱ्याच ठिकाणी लागतो विशेषत: खनिजापासून धातू काढण्यासाठी किंवा वाफेच्या इंजिनासाठी व अन्य कामांसाठी कोळशाची मागणी असते आणि ती सतत वाढत आहे. दगडी कोळसा जळतो तेव्हा त्यामधून धूर, काजळी वगैरे निर्माण होतात. धूर हा लोकांच्या आरोग्याला अपायकारक आहे. शिवाय काजळी साचत राहिल्याने भव्य व सुंदर इमारती व इतर वास्तू सौंदर्यहीन बनतात ते निराळेच.

कोळशाच्या ह्या अंगभूत दोषावर उपाय म्हणून कोळसा हवाबंद भट्टीमध्ये तापवितात. त्यामुळे कोळशापासून बिनधुराचे ' कोक ' नावाचे इंधन तयार होते. कोळशातील इतर द्रव्ये ' कोल-गॅस ' व डांबर ह्याच्या रूपाने वेगळी होतात. कोल-गॅस हा वायूसुद्धा बिनधुराचे इंधन आहे. उरलेल्या डांबरामध्ये दगडी-कोळशातील सारे दोष सामावलेले असतात. त्या काळ्या, चिकट, उग्र वासाच्या दाट द्रवाकडे आरंभी कोणाचेच लक्ष गेले नाही. सामान्यपणे एवढ्या दोषांकडे म्हणजे दुर्गुणांकडे कोण बरे आस्थेने पाहील ! परंतु दिव्य दृष्टीच्या रसायन-शास्त्रज्ञांनी विशेषत: जर्मन रसायनशास्त्रज्ञांनी हे डांबर म्हणजे रत्नांची

खाण आहे हे ठरले. डांबराचे ऊर्ध्वपातन करून त्यांनी त्यामधील विविध घटक वेगळे केले. त्यावर निरनिराळ्या रासायनिक अभिक्रिया करून त्यामधून त्यानी प्रभावी औषधीद्रव्ये, सुंदर रंगद्रव्ये निर्माण करून एका नवीन विशेषतः कार्बनी रासायनिक उद्योगधंद्याचा पाया घातला. खरे म्हणजे पहिल्या महा-युद्धापूर्वीच औद्योगिक क्षेत्रामध्ये जर्मनीला अग्रत्व मिळाले त्याचे श्रेय ह्या डांबरापासून काढलेल्या निरनिराळ्या उपयुक्त द्रव्यांना आहे.

कोळशाकडे केव्हा केव्हा निराळ्या कारणांनीच लोकांचे लक्ष वेधते. पेट्रोलचे गुण व युद्धकाळामध्ये त्याचे आगळे महत्त्व ध्यानात घेऊन कोळशापासून पेट्रोल किंवा तत्सम इंधने बनविण्याचे तंत्र दुसऱ्या महायुद्धापूर्वीच सिद्ध झाले होते. दुसऱ्या महायुद्धामध्ये ह्या तंत्राचा उपयोग पुष्कळच झाला.

कृत्रिम पेट्रोल

कोळशापासून रासायनिक प्रक्रिया करून 'पेट्रोल' हे द्रवरूप इंधन तयार होते म्हणून त्याला कृत्रिम म्हणावयाचे. ४०–४५ वर्षांपूर्वीच मोटारगाड्या, माल-वाहतूक गाड्या व विमाने ह्यांची प्रगत देशामध्ये मोठ्या प्रमाणावर वाढ होत होती. त्याच प्रमाणात त्याला लागणारे पेट्रोलचे उत्पादन ह्यांचा हिशेब करून त्यावेळी माहीत असलेले भूमिगत खनिज तेलाचे साठे १००–२०० वर्षांत संपून जातील व तेलाच्या विहिरी कोरड्या पडतील असा एक अंदाज करण्यात आला होता. खनिज तेलच संपले तर त्यावर आधारलेल्या आपल्या यांत्रिक युगाचा शेवट होईल व आपले गाडे मूळ पदावर येईल. ह्या भीषण जाणीवेमुळे शास्त्रज्ञ पेट्रोलचे नवीन पण तेवढेच उपयुक्त असे 'बदली' किंवा असे पर्यायी इंधन शोधून काढण्याच्या मागे लागले. त्याशिवाय ह्या संशोधनामागे दुसरीही एक प्रेरणा होती. ती म्हणजे जगात पेट्रोलिअमची विभागणी फार विषम आहे. अमेरिका, इंग्लंडचे साम्राज्य, रशिया व इंग्लंड किंवा अमेरिका ह्यांच्या प्रभावा-खाली असणारी इतर राष्ट्रे ह्यांच्याकडे जगाचा जवळ जवळ सर्व तेलसाठा; तर जर्मनी, इटली व जपान ह्यांच्याकडे तेलाचा अभाव; त्यामुळे पुढेमागे महायुद्ध झालेच तर संभाव्य आयातबंदी किंवा नाकेबंदी ह्याबाबतीत सावधगिरीची योजना म्हणून प्रत्येक राष्ट्र पेट्रोलच्या बाबतीत स्वयंपूर्ण होण्याच्या खटपटीत

होते. कोळसा हे घनरूप इंधन मात्र प्रत्येक राष्ट्रामध्ये भरपूर प्रमाणात उपलब्ध असल्यामुळे, त्यापासूनच पेट्रोलसारखे प्रवाही इंधन तयार करण्याचे प्रयत्न व्हावेत हे साहजिकच आहे.

बर्जिअस पद्धती

पेट्रोलचे मूळ घटक पाहिल्यास ते कार्बन (शुद्ध कोळसा) व हायड्रोजन असल्याचे आढळून येते. अडचण आहे ती कोळसा व हायड्रोजन ह्यांचा संयोग करण्याची. हे बिकट काम यशस्वीरीतीने पार पाडण्याचे श्रेय 'बर्जिअस' (Bergius) ह्या जर्मन शास्त्रज्ञाकडे जाते. त्याने कोळशापासून पेट्रोल बनविण्याचा अजब शोध लावून पेट्रोलच्या बाबतीत तरी प्रत्येक देशाला स्वावलंबनाचा मार्ग दाखवून दिला. १९२७ सालीच प्रथम ह्या पद्धतीने मोठ्या प्रमाणावर पेट्रोल तयार करण्यात आले.

कोळशाचा हायड्रोजनशी संयोग फार मोठ्या दाबाखाली व साधारणतः ४५०° सें. तपमानाला होऊ शकतो. परंतु त्यासाठी प्रभावी असा उत्प्रेरक (catalyst) लागतो. वायुरूप हायड्रोजनचा घनरूपी कोळशाशी संयोग होऊन द्रवरूप पेट्रोल तयार होते. ह्या प्रक्रियेमध्ये साधारणतः कोळशाच्या ६०–७० टक्के भागाचे तेल व पेट्रोल ह्यामध्ये रूपांतर होते. दुसऱ्या महायुद्धापूर्वीच जर्मनीमध्ये तसेच इंग्लंडमध्येही दरसाल १५–२० लक्ष टन कृत्रिम पेट्रोल वरील तऱ्हेने तयार करण्यात येत होते. प्रत्यक्ष युद्धकाळामध्ये तर कृत्रिम पेट्रोलची निर्मिती ह्यापेक्षाही बरीच वाढली असली पाहिजे. 'बर्जिअस'च्या ह्या पद्धतीमुळे प्रत्येक राष्ट्राला तेलासाठी तरी दुसऱ्याच्या तोंडाकडे पाहण्याची गरज उरली नाही. दुसऱ्या महायुद्धापूर्वी कृत्रिम पेट्रोल तयार करण्याच्या आणखी दोन पद्धतींकडे संशोधकांची दृष्टी वळली होती. एक म्हणजे 'दगडी कोळशाचे' भट्टीमध्ये 'कार्बनीकरण' (carbonisation) करून कोक हे विनधुराचे इंधन तयार करतात. कोकबरोबरच जळाऊ वायू, तेल व डांबर ह्यांची निर्मिती होते. ह्या पद्धतीमध्ये जास्तीत जास्त कोळशाच्या १० टक्के एवढे तेल मिळू शकते. त्यामधून पेट्रोल वेगळे करून घ्यावे लागते.

दुसऱ्या पद्धतीचा शोध १९२६ साली फिशर व ट्रॉपस ह्या दोन शास्त्रज्ञांनी लावला. त्यांच्या पद्धतीला 'फिशर-ट्रॉपस' (Fischer-Tropsch) प्रक्रिया

असे म्हणतात. ह्यामध्ये कोळसा व वाफ एकत्र तापविल्याने कोळशाचे कार्बन मोनॉक्साइड व हायड्रोजन ह्या दोन वायूंमध्ये रूपांतर होते. हे वायू मिश्रण योग्य अशा उत्प्रेरकासमवेत तापविल्यास त्यापासून तेल मिळणे शक्य असते.

पेट्रोल तयार करण्याच्या ह्या पद्धती फार काळ टिकून राहिल्या नाहीत. एकतर ह्या पद्धतीने तयार होणारे पेट्रोल बरेच महाग पडते. दुसरे कारण म्हणजे पुष्कळ देशांमध्ये नवीन नवीन तेलाच्या खाणींचा शोध लागल्यामुळे अल्पावधीमध्ये खनिज तेल-संग्रह संपुष्टात येईल ही भीती पूर्वीएवढी तीव्र राहिली नाही. त्यामुळे कृत्रिम पेट्रोल ह्याबद्दल कोठे विशेष आस्था असल्याचे आढळत नाही. तथापि तेलाची आजची समृद्धी कमी झाल्यावर पेट्रोलची किंमत वाढेल. तेव्हा कोळशापासून मिळणाऱ्या पेट्रोलवरच लोकांना अधिक भर द्यावा लागेल. ह्याचा प्रत्यय काहीसा अनपेक्षितपणे अरब राष्ट्रांनी आणून दिला. अरब-इस्राएल युद्धाच्या निमित्ताने तेलसंपन्न अरब राष्ट्रांनी आपल्या हातातील एक अमोघ अस्त्र वापरण्याचा निर्णय घेतला. खनिज तेलाची निर्यात घटवून व किंमत भरमसाट वाढवून पेट्रोलची टंचाई व भयंकर महागाई निर्माण केली. प्रगत व प्रगतमार्गी देशांना कोंडीत पकडले. त्यामुळे सर्वत्र कोळशापासून पेट्रोल, कृत्रिम पेट्रोल ह्याकडे आता मोठ्या अपेक्षेने व आस्थेने लोकांचे लक्ष वेधले आहे.

तेल व्यवसायाची वैशिष्टये

भूमिगत तेलाचे आजचे उपलब्ध झालेले साठे ध्यानात घेता ते मुख्यत: उष्ण कटिबंधीय व उपउष्ण कटिबंधीय भूप्रदेशामध्ये आढळतात. एवढेच नव्हे तर थोडे देश वगळले तर हा तेल-संग्रह कमी जास्त प्रमाणात मागासलेल्या देशांमध्ये आढळतो. ह्यावरून जगाचे सामान्यपणे दोन विभाग पाडता येतील. एक म्हणजे तेल-संपन्न परंतु औद्योगिकदृष्टया अविकसित तर दुसरा विभाग औद्योगिक-दृष्टया प्रगत व वाढत्या वेगाने औद्योगीकरणासाठी प्रयत्नशील, परंतु तेलाच्या बाबतीत निसर्गाचा वरदहस्त नसलेला असा. त्यामुळे एका विभागाला ह्या महत्त्वाच्या प्रवाही द्रव्याची बऱ्याच अंतरावरून आयात करावी लागते. अविक-सित देशांना तेलाच्या मोबदल्यात पुष्कळच द्रव्यप्राप्ती होते. शिवाय औद्योगिक व शेतीच्या विकासासाठी आवश्यक ते तंत्रज्ञान व साहित्य मिळते. त्याचप्रमाणे

शिक्षण प्रसार व वैद्यकीय सोयी ह्यासाठी तेल कंपन्यांकडून पुष्कळच लाभ होतो. तेलामुळे लांबलांबच्या विकसित व अविकसित देशांमध्ये मोठ्या प्रमाणावर व्यापार सुरू होतो. तेलाचे उत्पादन एवढे मोठे असते की, कोणत्याही देशाचे आयात किंवा निर्यात ह्यांचे आकडे व तेलाच्या किंमतीचे आकडे ह्यांवर दृष्टी टाकली तर तेल हा एकच व्यापारी माल दुसऱ्या कोणत्याही मालापेक्षा जास्त आयात किंवा निर्यात होत असतो असे आढळून येईल. एवढे तेलाच्या व्यापाराला महत्त्व प्राप्त झाले आहे. खरे म्हणजे गेल्या ५०–६० वर्षांतच खनिज तेल व्यवसायाची प्रगती नेत्रदीपक झाली आहे. तेलाचे उत्पादन व त्याची मागणी ह्यामध्ये सतत वाढ होत आहे.

तेलाची वाढती मागणी व वाढते उत्पादन ह्यामधून मिळणारा आर्थिक फायदा लक्षात घेता व विशेषत: तेलाचे भूमिगत संचय साधारणत: सर्व जगभर पसरलेले असल्यामुळे तेल उत्पादनाच्या व्यवसायामध्ये जगभर शेकडो नव्हे तर हजारो तेल कंपन्यांना वाव मिळावयाला पाहिजे अशी आपली सामान्यत: अपेक्षा; परंतु तसे घडलेले नाही. ह्या व्यवसायामध्ये मोजक्याच तेल कंपन्या आहेत. त्यांचे व्यावसायिक जाळे मात्र जगभर पसरलेले आहे. असे का व्हावे ? अब्जावधी रुपयांचा व्यापार थोड्या कंपन्यांच्या हाती कसा आला ? ह्या थोड्या कंपन्यांना तेल व्यवसायाची मक्तेदारी कशी लाभली असेल ह्याबद्दल कुतूहल असणे साहजिकच आहे.

प्रथमत: तेलाच्या खाणीचा शोध लावणे हा एक जुगार आहे. आधुनिक भूशास्त्रामध्ये व आनुषंगिक इतर शास्त्रांमध्ये बरीच प्रगती झालेली असली तरी सामान्यत: ४–५ ठिकाणी तेलासाठी विहिरी खोदाव्या तेव्हा कोठे एकाद दुसरी विहीर तेलदायी ठरते. इतर विहिरी खोदण्यामध्ये केलेला अवाढव्य खर्च अगदी वाया जातो. लहान कंपन्यांचे ह्या प्राथमिक प्रयत्नामध्येच दिवाळे निघते. परंतु फायदा-तोटा ह्यांचा मेळ घालता येण्याएवढे आर्थिक सामर्थ्य व स्थैर्य असलेल्या फार मोठ्या कंपन्याच हा आर्थिक ताण सहन करून टिकाव धरून राहतात.

तेलखाणींचा शोध व तेल बाहेर काढणे एवढे करून भागत नाही. तेल सापडते ते बहुधा वाळवंटात, डोंगरावर किंवा दऱ्याखोऱ्यात किंवा घनदाट

जंगलांमध्ये. तेथे रस्ते, पिण्याचे पाणी, वाहतुकीच्या सोयी ही नसतातच. संशो-धक, तंत्रज्ञ, कामगार ह्यांच्या जीवनाला आवश्यक अशा कोणत्याच सुखसोयी उपलब्ध नसतात. अशा ह्या अत्यंत प्रतिकूल परिस्थितीमध्ये खडतर जीवन काहीसे सुसह्य करण्यासाठी बऱ्याच सुखसोयी, औषधोपचाराची व्यवस्था वगैरे सुविधा तेल कंपन्यांना निर्माण कराव्या लागतात. तेल उत्पादनासाठी लागणारी यंत्रसामुग्री नेण्यासाठी मोठे रस्ते, पूल, बंदर सोयी ह्यांची तर गरज असतेच. शिवाय खाणीतून तेल बाहेर काढल्यावर शेकडो मैल लांबीच्या मोठ्या नळांतून तेल बंदरापर्यंत नेणे हा सारा खर्च करून तेल कंपन्यांना प्रत्यक्ष ग्राहकापर्यंत पोचता येत नाहीच.

ह्या तेलाचे पुढे शुद्धीकरण करणे, हा एक अवाढव्य खर्चाचा भाग राहतो. शुद्धीकरणानंतर खनिज तेलाचे निरनिराळे घटक हजारो मैल लांब अंतरावर तेलवाहू बोटींनी जेथे ग्राहक असतील तेथे पोचवावे लागतात. त्यानंतर खनिज तेलाचे निरनिराळे विभाग वेगळ्या वेगळ्या प्रचंड टाक्यांमध्ये साठवून ठेवावे लागतात, व पुढे खेडेगावापर्यंत तेलाचे वितरण करणे अशा कितीतरी खर्चाच्या योजना पुऱ्या झाल्यानंतर ग्राहकांकडून मालाच्या किंमतीचा पैसा तेल कंपन्यांच्या हाती येतो. एवढा आर्थिक ताण सहन करणे, लहान सहान कंपन्यांना अशक्यच असते. त्यामुळे ह्या व्यवसायात टिकून राहतात त्या थोड्याच समृद्ध तेल कंपन्या.

तेलाचे उत्पादन प्रचंड प्रमाणावर केल्याशिवाय ह्या व्यवसायामध्ये टिकाव धरता येत नाही. थोड्या कंपन्यांच्या हातात तेलाचा व्यवसाय असला तरी तेल पदार्थांना वाटेल तशी अवाच्यासवा किंमत आकारता येत नाही. तेलाचा व्यापार मोठ्या प्रमाणावर करावयाचा तर, आणि तो मोठ्या प्रमाणावर करणे भागच आहे म्हणून, ग्राहकांना परवडेल अशीच किंमत ठेवावी लागते. जास्त फायद्याच्या आशेने गिऱ्हाईकाला न परवडणारे दर लावले तर गिऱ्हाईक तुटेल व साऱ्या तेल व्यवसायावर प्रतिकूल परिणाम होईल. त्यामुळे सर्व तेल कंपन्या सामान्यपणे सारख्या किंमती ठेवतात व त्या ग्राहकांना परवडतील अशाच असतात. तेल धंद्याचा ह्यामुळे सारखा विस्तार होत आहे व तेलाची मागणी सारखी वाढत आहे. ह्यामागे तेल कंपन्यांचे आर्थिक स्थैर्य, व्यापारी दूरदृष्टी,

आधुनिक व्यापारी तंत्र ही आहेत. तेल व्यवसायाचे हे एक वैशिष्ट्य म्हणून सांगता येईल.

खनिज तेलाच्या उत्पादनाला उशीर

खनिज तेलापासून निघणारी विविध तेले व अन्य पदार्थ ह्यांना आजची जागतिक मागणी व त्यांचे फार मोठ्या प्रमाणावर होणारे उत्पादन ही लक्षात घेतली म्हणजे एक गोष्ट विशेषत्वाने जाणवते. एवढ्या उपयुक्त व जगव्यापी खनिज तेलाचे प्रचंड संचय पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली असूनही ते कित्येक वर्षे सुबुद्ध माणसाच्या दृष्टीआड राहिले तरी कसे! १८५९ सालापर्यंत ह्या तेलासाठी हेतुपूर्वक असे प्रयत्नही झाले नाहीत ह्याबद्दल आज कोणालाही आश्चर्य वाटेल. खरे म्हणजे औद्योगिक क्रांतीच्या सुरवातीला जिज्ञासू माणसांनी हा तेलसंचय हुडकून काढणे अपेक्षित होते. परंतु ते झाले नाही.

कोणत्याही संशोधनाला काहीतरी पार्श्वभूमी लागते. काही पूर्वतयारी असावी लागते. कावळा डहाळीवर बसला आणि डहाळी मोडली असे क्वचितच घडते. तेलाचा शोध लावणे व त्याचा उपयोग करणे ह्या दोन्ही गोष्टी त्यावेळच्या औद्योगिकदृष्ट्या पुढारलेल्या देशांनाही शक्य नव्हत्या. एकतर भूपृष्ठाखाली प्रचंड तेलसंचय असला पाहिजे ह्याची कल्पनाच नव्हती. भूशास्त्रीय ज्ञानाच्या प्राथमिक अवस्थेमध्ये भूपृष्ठाखालील भूरचनेबद्दल व खडकांच्या वैशिष्ट्या-विषयी अंदाज तरी कसे करणार? भूमिगत तेलाचा फार मोठा संचय आहे असे समजले तरी तेल बाहेर काढण्याएवढ्या खोल विहिरी कशा खोदावयाच्या? मीठ तयार करण्यासाठी समुद्रापासून दूर अशा प्रदेशामध्ये, खारट पाणी खोल विहिरी खोदून बाहेर काढण्याची पद्धती दीड-दोन हजार वर्षांपूर्वीपासून चीन देशामध्ये चालू होती. ती मुख्यत: माणूसबळावर आधारलेली होती. परंतु पाश्चात्य देशात खोल विहिरी खोदण्यासाठी यंत्रांची निर्मिती होईपर्यंत तेल संशोधनाच्या बाबतीत विशेष प्रगती होण्यासारखी नव्हती. त्यानंतर खनिज तेल बाहेर काढले तर त्याचा प्रत्यक्ष उपयोग फारच थोडा असतो. खनिज तेलाचे शुद्धीकरणाचे तंत्र समजून येण्याएवढी रसायनशास्त्राची व विशेषत: औद्योगिक रसायनशास्त्राची प्रगती झाली नव्हती. वैज्ञानिक व तांत्रिक ह्या सर्व क्षेत्रांमध्ये

पुरेशी प्रगती झाल्यावरच तेलासाठी हेतू-पुरःसर शोध व प्रयत्न व्हावे हे साहजिकच आहे. परंतु सर्व वैज्ञानिक पार्श्वभूमी व तांत्रिक विकासासाठी आवश्यक ती पूर्वतयारी असल्यामुळे तेलाच्या खाणीचा शोध ११५ वर्षांपूर्वी लागला, त्यानंतर मात्र एवढ्या अल्पमुदतीत एवढी प्रचंड प्रगती झाली. खनिज तेलाच्या खाणींचा शोध उशिरा लागण्यामागे विविध विज्ञानशाखांना विकास व्हावयाला वेळ लागला, हे कारण आहे.

खनिज तेलाचा शोध लागण्यापूर्वी दिव्यासाठी व इतर कामांसाठी लागणाऱ्या तेलाची गरज युरोपमध्ये मुख्यतः प्रचंड व्हेल माशाच्या तेलापासून भागविली जाई. त्यासाठी हुशार व धाडसी खलाशी प्रचंड व्हेल माशांची भर समुद्रात भाल्याने शिकार करीत. मेलेल्या माशाच्या शरीरापासून व यकृतापासून कित्येक पिपे तेल ते काढीत असत. अतिलोभामुळे व्हेल माशाची फार मोठ्या प्रमाणावर शिकार केल्याने व्हेल माशाची जातच नामशेष होऊ नये म्हणून व्हेल शिकारीवर आंतरराष्ट्रीय कराराप्रमाणे नियंत्रणे घालण्यात आलेली आहेत. खनिज तेलाच्या शोधामुळे समुद्रावर होणाऱ्या ह्या माशांच्या शिकारीला आता पूर्वीप्रमाणे महत्त्व राहिले नाही.

खनिज तेल व्यवसायाची आकडेवारी

खनिज तेलाच्या व्यवसायाची वाढ झपाट्याने होत आली आहे व तशीच पुढे चालू आहे. आजचे तेलाच्या संभाव्य साठ्यांबद्दलचे अंदाज, त्याचे उत्पादन व वापर ह्याविषयीची आकडेवारी २–४ वर्षांतच अपूर्ण म्हणून अर्थहीन होते. शिवाय निरनिराळ्या संदर्भग्रंथांतून मिळणारी आकडेवारी एका ठराविक वर्षाची मिळत नसते. निरनिराळ्या विभागांचे संदर्भग्रंथ निरनिराळ्या वर्षांची आकडेवारी देतात. ह्यामुळे कोणत्यातरी एका वर्षाचे तेलउद्योगाचे सर्वांगीण चित्र रेखाटता येत नाही.

ह्या गोंधळात भर घालण्यासाठीच की काय काही आकडे ' छोटा टन ' (short ton) मध्ये असतात, काही मेट्रिक टनांचे असतात तर काही ' मोठ्या टन ' (long ton) मध्ये दिलेले असतात. तसाच प्रकार गॅलन ह्या मापाबद्दलही आहे. एक ' यू. एस. गॅलन ' (U. S. Gallon) व दुसरा ' इंपेरिअल गॅलन '.

ह्याशिवाय लिटर, बॅरेल ही मापे आहेतच. काही ठिकाणी पौंड हे माप तर काही ठिकाणी किलो हे परिमाण वापरतात. वायूचा आकारमान मोजण्यासाठी घनफूट, घनमीटर किंवा लीटर ही मापे पण वापरली जातात. त्याचप्रमाणे तपमानाचे आकडे फॅरेनहिट (° F) किंवा सेल्सिअस (° C) मध्ये असतात.

जागतिक उत्पादनाचे आकडे तर आणखीच घोटाळ्यात पाडणारे आहेत. काही पुस्तकांमध्ये कम्युनिस्ट देशांव्यतिरिक्त इतर देशांचे एकत्रित आकडे अशी स्पष्ट नोंद असते. काही ठिकाणी तशी नोंद नसते.

इंग्रजीमध्ये मोठे परिमाण दाखविण्यासाठी बिलिअन (billion) ही संख्या वापरतात. त्याविषयी जगामध्ये एकवाक्यता नाही. इंग्लंडमध्ये प्रसिद्ध झालेल्या पुस्तकामध्ये ती संख्या एक हजार अब्ज ह्याअर्थी वापरतात. इतर देशांमध्ये (billion) शब्द फक्त एक अब्ज ह्या संख्येसाठी वापरतात.

तुलनेसाठी सर्व परिमाणात एकवाक्यता आणण्यासाठी उपयुक्त कोष्टके व इतर माहिती शेवटी परिशिष्टांमध्ये दिलेली आहे.

घोटाळ्यात पाडणाऱ्या आकडेवारीचा सामान्य वाचकांना काही फायदा आहे का ? अशी शंका येणे साहजिक आहे. व्यापाऱ्यांना किंवा तेल खाणींचा व्यवसाय करणाऱ्या कंपन्यांना ह्या आकडेवारीचा प्रत्यक्ष फायदा कदाचित होणार नाही. त्यांना गेल्या वर्षाचे व त्यापूर्वीच्या काही वर्षांचे उत्पादनाचे बरोबर आकडे पाहिजे असतात. त्यावरून वार्षिक वाढीची टक्केवारी काय आहे हे त्यांना कळून येते. त्यासाठी निरनिराळ्या विषयांना वाहिलेली तेलधंद्याची विविध नियतकालिके उपयुक्त अशी आकडेवारी पुरवितात. तथापि सामान्य वाचकांना ह्या आकडेवारीने तेलधंद्याच्या व्यापाविषयी व त्याच्या वाढत्या महत्त्वाविषयी स्थूलमानाने कल्पना येईल. एवढाच ह्या ढोबळ आकडेवारीचा मर्यादित फायदा आहे.

चिंताग्रस्त जिज्ञासू

खनिज तेलाविषयी माहिती नसणारी किंवा माहितीबद्दल जिज्ञासा नसणारी माणसे सर्वत्र भेटतात. परंतु पुरी जिज्ञासा पण अपुरी माहिती ह्यामुळे खनिज तेलाच्या व नैसर्गिक वायूच्या उत्पादनाचे प्रचंड आकडे पाहून पृथ्वीच्या

भवितव्याविषयी साशंक असणारी चिंताग्रस्त माणसे अमेरिकेसारख्या प्रगत देशात आढळावी ह्याचे आश्चर्य वाटते. अमेरिकन पेट्रोलिअम इन्स्टिटयूट ह्या शास्त्रीय संस्थेच्या जनता संपर्काधिकाऱ्याला अशा चिंतूना तोंड द्यावे लागते. ह्या लोकांना भेडसावणारे काही मासलेवाईक प्रश्न :

पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखालचे खनिज तेल पंप करून सतत वर काढल्यावर, पृथ्वीच्या पोटात पोकळी निर्माण झाल्यामुळे, हवा निघून गेलेल्या रबरी फुग्याप्रमाणे पृथ्वीचा पृष्ठभाग दबून खाली बसेल ह्याचा विचार नको का करावयाला ?

पृथ्वीच्या एका भागातून जास्त तेल काढल्यामुळे, तेथे मोठी पोकळी होईल व पृथ्वीचा समतोल बिघडेल आणि पृथ्वी एकाच बाजूला जास्त कलती होईल त्याचे काय ?

पृथ्वीच्या पोटातील खाणीमध्ये असलेले तेल व वायू ही बाहेर काढून आपण जाळून टाकतो. रिकाम्या झालेल्या जागी जर पृष्ठभागावरचे गोडे पाणी वाहून गेले तर आपल्याला पिण्यासाठी पाणी कसे मिळेल ?

पृथ्वीच्या पोटातील रिकाम्या जागी हवेतील ऑक्सिजन वायू भरून गेला तर तेथे उर्वरित खनिज तेल व वायू ह्यांचा संयोग होऊन स्फोट होऊन पृथ्वी तर हादरणार नाही ना ?

पृथ्वीचे वस्तुमान व आतील दाब ह्यांच्याशी तुलना करता खाणीतून बाहेर येणाऱ्या तेलाचे वस्तुमान नगण्यच मानावे लागेल. केवळ ' दर्या में खसखस ', ह्यासारख्या उत्तराने चिंतू चिंतामुक्त झाले असावे अशी अपेक्षा आहे.

□ □

प्रकरण दोन

खनिज तेल व त्याची उत्पत्ती

खनिज तेलापासून मिळणारे व आपल्या नेहमीच्या वापरात असलेले तेल-पदार्थ पुष्कळ आहेत. मोटारीसाठी लागणारे पेट्रोल, ट्रकसाठी किंवा बस गाड्यांसाठी वापरतात ते डिझेल तेल, कंदिल व स्टोव्ह ह्यामध्ये घालावे लागते ते केरोसीन, ही सर्व खनिज तेलापासून निघतात. यंत्राच्या भागांचे घर्षण होऊन झीज होऊ नये म्हणून उपयोगात येणारे वंगण तेल, मेणबत्तीचे मेण व रस्त्याची खडी घट्ट चिकटून राहण्यासाठी वापरावयाचे अ‍ॅस्फाल्ट ह्यांचे उत्पादन खनिज तेलापासूनच होते. ह्याशिवाय प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्षपणे आपल्या वापरात असलेली शेकडो द्रव्ये व रसायने ह्यांचा अंतिम उगम खनिज तेल हाच आहे. अशा ह्या बहुरूपी व बहुगुणी खनिज तेलाबद्दल जिज्ञासा कोणाला नाही !

खनिज तेल म्हणजे काय व ते खाणीमध्ये कसे तयार झाले हे व असेच प्रश्न मनामध्ये साहजिकच येऊन जातात.

खनिज तेल किंवा पेट्रोलिअम किंवा क्रूड ऑईल हे शब्द सामान्यत: एकाच अर्थी वापरण्यात येतात. पेट्रोलिअम ह्या शब्दाची घडण (petros म्हणजे खडक) व (oleum म्हणजे तेल) या दोन लॅटिन शब्दांपासून झाली. हे तेल खाणीतील खडकांतून काढतात म्हणून त्याला खनिज तेल असे म्हणतात हे पूर्वीच आले आहे. खनिज तेल तसे पाहिले तर मिळते त्या स्वरूपात फारसे उपयुक्त नसते. म्हणूनच त्याला क्रूड ऑईल म्हणजेच अशुद्ध किंवा असंस्कारित तेल असे म्हणतात. अशा तेलावर विविध संस्कार करून त्यापासून निरनिराळी घटकद्रव्ये वेगळी काढावी लागतात. खाणीतून काढलेल्या ह्या खनिज तेलाचे मूळ स्वरूप हे असे असते.

पेट्रोलिअम किंवा खनिज तेल ह्यांची आज रूढ असलेली व्याख्या काहीशी व्यापक आहे. खोल भूपृष्ठाखाली सापडणारी घनरूप, द्रवरूप व वायूरूप कार्बनी खनिजद्रव्ये म्हणजेच पेट्रोलिअम. पेट्रोलिअम ह्या शब्दामध्ये सामान्यपणे प्रवाही तेल, अॅस्फाल्ट, मेण ह्यासारखी घनद्रव्ये व नैसर्गिक वायू (जळाऊ) ह्यांचा समावेश होतो. सर्वसाधारणपणे खाणीमध्ये प्रवाही तेल व नैसर्गिक वायू ही एकत्र आढळतात. काही ठिकाणी फक्त नैसर्गिक वायू तेवढाच खाणीतून बाहेर येतो. अगदी क्वचित फक्त क्रूड ऑईल तेवढेच खाणीमध्ये असते. मेण, अॅस्फाल्ट ही घनरूप द्रव्ये प्रवाही तेलामध्ये विरघळलेली असतात.

खनिज तेलाचा रंग, प्रवाही गुण, घनता ह्यामध्ये स्थानपरत्वे पुष्कळ विविधता आढळते. खनिज तेल हे रंगहीन असे क्वचित असते. साधारणतः ते पिवळी, हिरवी छटा असलेल्या पिंगट किंवा काळ्या रंगाचे असते. खनिज तेलामधील घटक द्रव्यांप्रमाणे त्याचा रंग बनत असतो. उदाहरणार्थ मेणयुक्त तेल फिकट रंगाचे असते, तर अॅस्फाल्ट असलेले तेल पिंगट काळ्या रंगाचे असते. पाण्याची घनता १ धरल्यास खनिज तेलाची घनता ०.८५ पासून ०.९४ पर्यंत असल्याचे आढळते. खनिज तेलाबरोबर असणाऱ्या नैसर्गिक वायूची घनता हवेच्या घनतेच्या ०.६ (सहा-दशांश) असते. हा वायू मुख्यतः मिथेन असतो.

खनिज तेल हे एकजिनसी शुद्धरूपद्रव्य नसून त्यामध्ये बहुविध द्रव्यांचे मिश्रण असते. ती सर्वच्या सर्व वेगळी करता आली नसली तरी त्यामधील काही घटक, खरे म्हणजे काही उपयुक्त घटक-समूहांचा भाग वेगळा करण्यासाठी त्याच्या विशिष्ट गुणांचा उपयोग करून घ्यावा लागतो. तो विशिष्ट गुण म्हणजे एका ठराविक मर्यादेमध्ये असणारा उत्कलन अंक.

खनिज तेल भूगर्भामध्ये तयार झाले तरी कसे ह्याबद्दल विशेष कुतूहल असणे साहजिकच आहे. लक्षावधी वर्षांपूर्वी घडलेल्या व हजारो वर्षे चालू असलेल्या घटनेबद्दल निश्चित अशी कारणमीमांसा सांगणे अवघड आहे. शास्त्रज्ञांनी काही अंदाज बांधले आहेत. काही उपपत्ती सुचविलेल्या आहेत. एखाद्या क्रियेच्या किंवा घटनेच्या उपपत्ती जास्त असतात तेव्हा ती घटना किंवा क्रिया पूर्णतया आकलन झालेली नाही, हे उघड आहे. नाहीतर एकापेक्षा जास्त उपपत्ती

मांडण्याचे कारणच काय ? अर्थात एखादी क्रिया किंवा घटना दोन किंवा अधिक कारणांनी निरनिराळ्या परिस्थितीमध्ये संभाव्य आहे हे दृष्टीआड करता कामा नये. आजपर्यंत सुचविण्यात आलेल्या उपपत्तीमध्ये प्रमुख म्हणजे एक 'अजैवी' (inorganic) उपपत्ती व दुसरी 'जैवी' (organic) उपपत्ती. ह्यापैकी पहिल्या उपपत्तीप्रमाणे पृथ्वीच्या उदरात तप्तावस्थेमध्ये अल्कधर्मी धातू व कार्बन डायॉक्साइड ह्यांच्यामध्ये केव्हातरी रासायनिक अभिक्रिया होऊन कार्बाइड हा संयुग तयार झाला असावा. त्यानंतर ह्या संयुगाची पुढे पाण्याशी रासायनिक क्रिया होऊन त्यामधून 'ॲसिटिलिन' वायू निघाला असेल. त्या वायूचे पुढे 'बहुवारिकीकरण' (polymerisation) होऊन त्यापासून पेट्रोलिअममध्ये असणारे विविध घटक बनले असले पाहिजेत. पेट्रोलिअममधील विविध द्रव्यांची घटना पाहता त्यामध्ये कार्बन व हायड्रोजन हीच दोन प्रमुख मूलद्रव्ये आहेत. तीच घटकद्रव्ये ॲसिटिलीनमध्ये पण आहेत. ह्या उपपत्तीमध्ये दोन दोष आहेत. एक म्हणजे अल्कधर्मी धातू व कार्बन डायॉक्साइड ह्यांची वर निर्देश केलेली अभिक्रिया घडून येण्यासाठी बरेच तपमान लागते. एवढे तपमान साधारणत: पेट्रोलिअम तयार होणाऱ्या स्तरावर नसते. दुसरा दोष म्हणजे पेट्रोलिअमच्या काही घटक पदार्थामध्ये 'प्रकाशीय क्रिया' (optical activity) आढळते. 'प्रकाशीय क्रिया' दाखविणे हा गुण कृत्रिम रीतीने रासायनिक क्रियेने बनविलेल्या द्रव्यांमध्ये आढळत नाही. वनस्पती किंवा प्राणीसृष्टीमध्ये तयार होणाऱ्या द्रव्यांमध्येच तेवढा हा विशिष्ट गुणधर्म आढळतो. अजैवी प्रक्रियांनी बनलेल्या द्रव्यांमध्ये हा गुणधर्म नसतो. अशा ह्या कारणांमुळे ही उपपत्ती टिकून राहिली नाही.

जैवी उपपत्ती म्हणजे दुसरी उपपत्ती आता सामान्यपणे ग्राह्य मानली जाते. तरीपण ह्या उपपत्तीमध्ये शंकास्थाने नाहीत असे मात्र नाही. पृथ्वीवरील जीवसृष्टीच्या आरंभकाळी फक्त सूक्ष्म प्राणी व सूक्ष्म वनस्पती ही उद्‌भवली. त्यांची भरपूर वाढ व त्यांचा विकास ही समुद्राच्या पाण्यामध्ये व विशेषत: पाण्याच्या पृष्ठभागावर होत होती. हे कार्य लक्षावधी वर्षे चालू होते. हे सूक्ष्म जीव मरून जात तेव्हा समुद्राच्या तळाशी त्या मृत जीवसृष्टीच्या अवशेषांचा संचय होत असे. ही क्रिया वर्षानुवर्षे सर्वत्र फार मोठ्या प्रमाणावर म्हणजे

कोटयवधी टनांनी दरसाल होत असे. सूक्ष्मजीवींच्या जन्ममरणाचा इतिहास घडत होता. यथावकाश समुद्राच्या तळावर साऱ्या मृत सूक्ष्म वनस्पती व प्राणी ह्यांचा जाड थर साचू लागला. त्याचबरोबर नदीनाल्यांतून वाहून येणाऱ्या मातीचा, रेतीचा थर साचू लागला. ह्या थरांची जाडी वाढत गेली त्यामुळे खालच्या थरावर वरच्या थरांचा दाब वाढू लागला. तेथील तपमानही जास्त होते. तेव्हा दाब, तपमान व तेथे असलेली परिस्थिती ह्यामध्ये घडणाऱ्या रासायनिक क्रिया ह्यांचा एकत्रित परिणाम म्हणजे खनिज तेलाची निर्मिती हा होय.

रसायनशास्त्रदृष्टया जीवसृष्टीची घडण पाहिली तर जीव अवशेषांमध्ये बरीच मूलद्रव्ये असतात हे कळून येईल. तथापि त्यापैकी प्रमुख म्हणजे कार्बन, हायड्रोजन व ऑक्सिजन ही होत. त्याउलट खनिज तेलातील द्रव्यांच्या घटनेमध्ये फक्त दोनच प्रमुख मूलद्रव्ये असतात ती म्हणजे कार्बन आणि हायड्रोजन. म्हणूनच त्या द्रव्यांना 'हायड्रो-कार्बन' द्रव्ये असे म्हणतात. त्यामधील फरक पुढील कोष्टकावरून स्पष्ट होईल :

कोष्टक क्र. २.१

	कार्बन	हायड्रोजन	ऑक्सिजन	नायट्रोजन
जैवी द्रव्ये (शेकडा प्रमाण) ..	५२ ते ७१	७ ते १०	१५ ते ३५	४ ते ६
पेट्रोलिअम ,, ..	८३ ते ८७	११ ते १५	सूक्ष्म	सूक्ष्म

जैवी पदार्थांमधून पेट्रोलिअम तयार होत असताना ऑक्सिजन ह्या घटक द्रव्याचे काय होत असावे ह्याचे समाधानकारक उत्तर सापडत नाही, तरीपण जैवी सृष्टीतून खनिज तेल बनते असे मानले तर काही ठिकाणच्या पेट्रोलिअम द्रव्यामध्ये आढळणारी 'प्रकाशीय क्रिया' ह्या गुणधर्माचा उलगडा होतो.

समुद्राच्या तळाशी मृत जीव, वनस्पती व प्राणी ह्यांचा संचय होत असताना दुसरी एक अभिक्रिया होणे शक्य आहे. ती अभिक्रिया म्हणजे विशिष्ट प्रकारच्या 'अनानिल वानू' (anaerobic bacteria) ह्या सूक्ष्मजीवींमुळे होणारी अभिक्रिया होय. हे सूक्ष्मजीवी इतरांहून अगदीच निराळे आहेत. इतर

सूक्ष्मजीवींचा जीवनक्रम चालण्यासाठी ऑक्सिजन लागतो, तो ते हवेमधून घेतात. त्याउलट ह्या विशिष्ट सूक्ष्मजीवींना हवेतील ऑक्सिजन चालत नाही. एवढेच नव्हे तर हवेमध्ये त्यांचे जीवनकार्य थांबते. खरे म्हणजे हवा म्हणजे त्यांचे मरणच. मग हे सूक्ष्मजीवी जगतात तरी कसे व कोठे ? जेथे हवा नाही अशी बंद जागा म्हणजे त्यांचे जीवनकार्य-क्षेत्र. तेथे जैवी पदार्थांमधील घटक ऑक्सिजन मोकळा करून घेऊन ते आपला जीवनक्रम चालवितात. हे कार्य ऑक्सिजन असेपर्यंत चालते. त्यामुळे मूळच्या जैवी वस्तूमधील ऑक्सिजन संपल्यावर उरतो तो कार्बन व हायड्रोजन. ह्या सूक्ष्मजीवींच्या वाढीला व त्यांची अभिक्रिया शक्य व्हावयाला खोल समुद्रतळ ही त्यातल्या त्यात सोयीची जागा आहे. भरपूर प्रमाणात जैवी पदार्थ आणि तेथे हवा किंवा ऑक्सिजन जवळ जवळ नाहीतच. त्या ठिकाणच्या जैवी पदार्थांमधील उरलेल्या कार्बन, हायड्रोजन ह्या मूलद्रव्यांतून दाब, तपमान वगैरे अनुकूल परिस्थितीप्रमाणे त्यांचे पुढे क्रमाक्रमाने वाढत्या श्रेणी-मध्ये बहुवारिकीकरण होऊन पेट्रोलिअमची घटकद्रव्ये बनत असली पाहिजेत.

शेणकाला एखाद्या बंद तोंडाच्या टाकीमध्ये घालून त्यामध्ये अनानिल वानू (anaerobic bacteria) युक्त द्रव सोडला म्हणजे 'गोबर' गॅस किंवा जळणारा वायू बनतो. मुंबई शहरातील मलमूत्रापासून दादर येथे महापालिका ह्याच तत्त्वावर 'सुवेज गॅस' नावाचा जळणारा वायू बनविते. ह्या गोष्टी पुष्कळांच्या परिचयाच्या असतील. ह्या दोन्ही बाबतीत जळणारा वायू हा मुख्यत: मिथेन वायू असतो. मिथेन वायू हा विशिष्ट प्रमाणातील कार्बन व हायड्रोजन ह्या दोन मूलद्रव्यांचा संयुग आहे. शेणामध्ये किंवा मलमूत्रामध्ये कार्बन, हायड्रोजन व इतर मूलद्रव्ये ह्यांच्याबरोबर ऑक्सिजन पण असतो. अनानिल वानू हे बंदिस्त जागेमध्ये, हवा नसेल तरच ते द्रव्यांमधील घटक ऑक्सिजन वापरू शकतात व आपला जीवन कार्यक्रम पार पाडतात. ही वस्तुस्थिती लक्षात घेता समुद्राच्या तळाशी जैवी द्रव्ये साचली तेव्हा कोणत्या जीवरासायनिक क्रियेने हायड्रोकार्बन द्रव्ये म्हणजेच नैसर्गिक वायू व पेट्रोलिअमचे द्रव व घन पदार्थ तयार झाले असतील ह्याविषयी अंदाज बांधता येतो. अर्थातच ह्या रासायनिक क्रियांमध्ये रेती, माती, चिखल ह्यामधील अकार्बनी किंवा खनिज द्रव्ये ह्यांचा उत्प्रेरक म्हणून कार्यभाग असला पाहिजे.

विज्ञानाची व विशेषतः प्रायोगिक विज्ञानाची एवढी प्रगती झाल्यानंतरही खनिज तेलाची उत्पत्ती कशी झाली ह्याचे निश्चयात्मक उत्तर नसावे ह्याचे प्रथमदर्शनी कोणालाही आश्चर्य वाटेल. परंतु ह्या प्रश्नाचे सरळ उत्तर शोधून काढावयाचे तर गेल्या लक्षावधी वर्षांमध्ये भूशास्त्रीय उलथापालथी, भौगोलिक घडामोडी काय काय झाल्या व त्या कोणत्या क्रमाने झाल्या हे कळले पाहिजे. तसेच ह्या काळामध्ये समुद्रतळाचे तपमान आणि कितीतरी इतर गोष्टी समजल्या पाहिजेत. त्या तशा अजून कळून आलेल्या नाहीत. गेल्या कोटयवधी वर्षांमधील निसर्गातील विविध घटना व वेळोवेळची परिस्थिती ह्यांची प्रयोगशाळेमध्ये लहान प्रमाणावर पुनरावृत्ती करून त्या प्रयोग फलावरून निष्कर्ष काढणे ही उपपत्तीची अंतिम कसोटी असते. परंतु त्याला लागणारा कालावधी लक्षात घेता ते अशक्य आहे. शिवाय विविध घटना व त्यांचा क्रम ही तरी कोठे अचूक माहीत आहेत! शेवटी जैवसृष्टीमधील घटक द्रव्यातील फक्त कार्बन व हायड्रोजन ह्यांच्यापासून दाब तपमान ह्यांच्या साहाय्याने विविध रासायनिक व जीवरासायनिक प्रक्रिया होऊन लक्षावधी वर्षांमध्ये शेवटी कसे तरी खनिज तेल तयार झाले असले पाहिजे. एवढेच मान्य करून तेलाच्या उत्पत्तीचा प्रश्न निकालात काढला पाहिजे.

तेलाची उत्पत्ती समुद्राच्या तळाशी झाली. त्याच पद्धतीने ती तलाव किंवा दलदलीच्या जमिनीमध्ये झाली असली पाहिजे. तेथे सुद्धा समुद्राच्या तळाशी असणारी परिस्थिती बऱ्याच प्रमाणात असल्याचे दिसून येईल.

जमिनीखाली तेल कसे आले

शेवटी आणखी एक प्रश्न राहतो. समुद्राच्या तळाशी खनिज तेल तयार होत असेल तर ते समुद्रामध्येच, परंतु खोल खाणीत सापडावे. परंतु तेलाच्या आरंभीच्या सर्व खाणी जमिनीवरच, समुद्रापासून बऱ्याच अंतरावर असल्याचे दिसून येते. समुद्रतळाशी तयार झालेले तेल मग भूमीखाली आले कसे हे समजले पाहिजे. त्यासाठी भौगोलिक व भूशास्त्रीय घडामोडींची माहिती उपयुक्त ठरेल. उदाहरणार्थ तेलाच्या खाणीचे माहेरघर असा मध्य पूर्वेकडील बराचसा रेताड वाळवंटी भाग व अमेरिकेचा काही भाग हा आज जरी जमीन म्हणून असला तरी एकेकाळी ते क्षेत्र समुद्राच्या पाण्याखाली होते. काही कारणामुळे समुद्र मागे

सरला व जमीन वर आली. काही भूशास्त्रीय घडामोडींमध्ये एकवेळचा समुद्र हा भूभाग बनला व अर्थातच पूर्वीचा काही भूभाग समुद्राने व्यापला असला पाहिजे. ह्यामुळे आज जमिनीवर सापडणाऱ्या खनिज तेलाचा मूळ उगम समुद्राच्या तळाशी असणे शक्य आहे. अशा प्रकारच्या उलथापालथीला भूशास्त्रीय पुरावा आहे. शिवाय समुद्राच्या तळाशी बनलेले तेल सच्छिद्र गाळाच्या खडकाच्या अनुरोधाने जमिनीखाली सरकून किंवा झिरपून येणेही शक्य आहे.

तेलाच्या खाणी ह्या इतर खाणींहून एका महत्त्वाच्या बाबतीत निराळ्या आहेत. काही खाणींमध्ये खनिजद्रव्यें भूपृष्ठालगत असतात. वरचा मातीचा थर वेगळा केला की खनिजद्रव्य किंवा खनिजद्रव्यमिश्रित रेती, वाळू ही सापडतात. सोन्याच्या खाणीसारख्या काही खाणींच्या बाबतीत भूपृष्ठाखाली बरेच खोल म्हणजे काही थोडे किलोमीटर एवढे खोल जावे लागते. भूपृष्ठाखाली एक मोठे विवर करून त्यामधून माणसे व यंत्रे आत पाठवून आतील खनिजद्रव्य यंत्राच्या साहाय्याने वर आणावे लागते. भूपृष्ठाखाली खोल विवरामध्ये खाण कामगारांना योग्य प्रकारे काम करता यावे म्हणून शुद्ध हवा, पाणी, नियंत्रित तपमान, खाणे व वाहतूक ह्यांची खाणीमध्ये व्यवस्था करावी लागते. तेलाच्या खाणीमध्ये कामगारांना भूपृष्ठाखाली जावे लागत नाही. खनिज तेलद्रव्ये प्रवाही असल्यामुळे ती यंत्रे, पंप वगैरे वापरून भूपृष्ठावर आणता येतात. दोन प्रकारच्या खाणींमधील हा फरक तेल कामगारांना उपकारक आहे.

तेल सापडण्याचा संभव असेल त्या ठिकाणी यंत्राच्या मदतीने एक गोल छिद्र खोलवर पाडण्यात येते. लाकडामध्ये गिरमिट फिरवून जसे लाकडाला भोक पाडतात, तसेच गिरमिट यंत्राच्या साहाय्याने फिरवून दगड, खडक ह्यांमध्ये सरळ भोक पाडण्यात येते. गिरमिटामुळे निघणारा भुसा वर काढण्यात येतो. तेल लागेपर्यंत गिरमिट सारखे फिरत राहते व भोकाची खोली वाढत जाते. गिरमिट फिरत राहिल्यामुळे वर येणारा दगडी भुसा तपासून पाहिल्यावर खडकांची भूशास्त्रीय रचना कळते. तेल लागण्याचा संभव कितपत आहे ह्याचा अंदाज समजून येतो. स्थानपरत्वे तेलखाणीची खोली २० ते २५ मी. (७० ते ८० फूट) पासून ६.६ कि. मी. (२२,००० फूट) पर्यंत असते. अर्थात आणखी खोल तेल नसेल असे नाही. परंतु भोक काढणाऱ्या यंत्राची कार्यक्षमता व तेल वर

खेचणाऱ्या यंत्रांची कार्यक्षमता ही लक्षात घेऊन किती खोलपर्यंत जावयाचे हे खाणी मालकांना ठरवावे लागते. पुढे ह्या तंत्रामध्ये प्रगती होत जाईल त्याप्रमाणे आणखीही खोल खाणी कार्यान्वित होऊ शकतील. खाणीचे भोक खोल होत जात असताना, भोकाच्या बाजूचा माती दगडाचा भाग किंवा पाणी ही खाणीमध्ये जाऊ नये म्हणून त्याला सीमेंटचा लेप देतात.

महत्त्वाचे भूस्तर

खाणीमध्ये सामान्यतः वरचा मातीचा थर सोडला तर त्याखाली निरनिराळ्या प्रकारचे खडकांचे थर लागतात. ह्यापैकी तेलाच्या दृष्टीने खडकांचे दोन प्रकार महत्त्वाचे आहेत. एक म्हणजे गाळाचे खडक आणि दुसरे म्हणजे अग्निज खडक. पहिल्या प्रकारामध्ये जमिनीवरील माती, रेती, वाळू ही नदी-नाल्यांनी वाहून जाऊन समुद्राच्या किंवा तलावाच्या तळाशी जाऊन साचतात. कालांतराने हे थर चांगले जाड होतात. ह्या थरांची उंची वाढली किंवा त्यावर दुसरा एखादा जाडा थर पसरला म्हणजे दाबाखाली व अन्य कारणांनी हे थर घट्ट होऊन त्यांचा खडक बनतो. ह्याची उत्तम उदाहरणे म्हणजे वालुकाश्म म्हणजे वाळूचे खडक व चुनखडीचे खडक. ह्या प्रकारच्या खडकांमध्ये कमीजास्त प्रमाणात सच्छिद्रता (porosity) व पार्यता (permeability) हे गुणधर्म असतात. दुसऱ्या प्रकारच्या खडकाचा उगम ज्वालामुखीतून होतो. म्हणून त्याला अग्निज खडक असे म्हणतात. ज्वालामुखीतून बाहेर पडणारा तप्तरस जमिनीवर पसरतो व थंड होऊन घट्ट होतो, तेव्हा त्याचा घट्ट खडक बनतो. अशा ह्या अग्निज खडकाला सच्छिद्रता किंवा पार्यता नसते. शिवाय ह्या घट्ट खडकाचा दाब खालील रेती-मातीच्या थरावर पडल्यामुळे ते पण घट्ट होऊन त्यांचा खडक बनतो. शिवाय पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर भूशास्त्रीय उलथापालथ होत असल्यामुळे जमिनीच्या खाली आपल्याला कमी-जास्त जाडीचे खडकांचे थर आढळतात. ह्या थरांचे क्रम, त्यांची जाडी व गुणधर्म भू-शास्त्रीय घडामोडीनुसार निरनिराळ्या ठिकाणी निरनिराळे असू शकतात.

खाणीमध्ये तेल असते तरी कोणत्या स्वरूपात ? विहिरीमध्ये पाणी साचून राहते व ते बादलीने किंवा पंपाने वर काढता येते. त्या अर्थाने तेलाच्या खाणी-मध्ये तेलाचा संचय एका जागी झालेला नसतो. भूपृष्ठाखाली तेलाच्या खाणी-

मध्ये तेल सच्छिद्र दगडांमध्ये शोषून घेतलेले असते. स्पंज वरेन पाणी शोषून घेऊ शकतो, तसाच प्रकार ह्या सच्छिद्र दगडांच्या बाबतीतही घडतो. तेल सच्छिद्र खडक शोषून घेतात. वालुकाश्मामध्ये निरनिराळ्या रेतीकणांमध्ये जागा किंवा पोकळी असल्यामुळे त्यांची शोषणक्षमता बरीच जास्त असते. परंतु चुनखडीच्या खडकांमध्ये मात्र ती कमी असते. उदाहरणार्थ तेल शोषून घेण्याची क्षमता वालुकाश्मामध्ये दगडाच्या आकाराच्या ३० टक्केपर्यंत असू शकते. परंतु चुनखडीच्या दगडाच्या बाबतीत तीच ३ टक्क्यांपेक्षा जास्त नसते.

शोषून घेतलेल्या तेलाबरोबर दगडामध्ये पाणी (बहुधा खारे) व नैसर्गिक वायू ही पण असतात. पाणी हे तेलापेक्षा जड व तेलामध्ये न मिसळणारे असल्यामुळे ह्या सच्छिद्र दगडांच्या थरांमध्ये खाली पाण्याचा थर व वर तेलाचा थर व त्यानंतर वर नैसर्गिक वायू अशी त्या तीन द्रव्यांची नैसर्गिक रीतीनेच विभागणी होते.

फार पुरातन काळी पृथ्वीच्या उदरात तेलाची निर्मिती झाली. ती कशी झाली असेल ह्याविषयीचे विवरण पूर्वी आलेले आहे. तेलाची निर्मिती झाली ती कणाकणाने हे तर खरेच. परंतु त्यानंतर तेथील भूशास्त्रीय परिस्थितीनुसार ते तेल जवळच्या सच्छिद्र दगडामध्ये एकत्र जमा होऊ लागले. अशा ह्या सच्छिद्र दगडांचा विस्तार काही हेक्टर पासून कित्येक चौरस किलोमिटर एवढा असल्याचे आढळून आले आहे. त्याचप्रमाणे ह्या सच्छिद्र दगडांच्या थराची जाडी काही सें. मी. पासून ती हजारो सें. मी. एवढी असू शकते. हे थर बनले तेव्हा जरी ते सामान्यतः एका पातळीत तयार झालेले असले तरी, हजारो काय तर लक्षावधी वर्षांमध्ये भूपृष्ठ व त्याखालील खडकांचे थर स्थिर राहात नाहीत. विविध कारणांमुळे व विशेषतः भूकंपामुळे ह्या थरांची उलथापालथ होत असते. हे थर खालीवर, तिरपे, वाकडे व चुणीदार होत असतात. त्याचबरोबर ज्वालामुखीतून येणारा तप्तरस ह्या थरांवर पसरून त्याचा घट्ट थर बनतो. ह्या अग्निज खडकांमध्ये सच्छिद्रता नसते. त्यामध्ये तेल किंवा पाणी शोषून घेतले जात नाही हे पूर्वीच आले आहे. त्यामधून पाणी पाझरत नाही म्हणजे आरपार जात नाही असे ते अप्रवेश्य (impervious) खडक आहेत. अशा ह्या अग्निज खडकांच्या थराखाली वालुकाश्म दाबला जातो. वालुकाश्माने शोषून घेतलेले तेल अग्निज

खडकाच्या थराच्या दावाखाली, त्याच वालुकाश्माच्या थरामधून दुसरीकडे सरकविले किंवा ढकलले जात असले पाहिजे. सछिद्र दगडांचा थर पुष्कळ अंतरापर्यंत म्हणजे शेकडो किलोमिटर एकसंध असला तर, त्याने शोषून घेतलेले तेल जास्त दाबाकडून कमी दाबाच्या भागाकडे लोटले जाईल ह्याचा फायदा पुष्कळ काळ तेल देणाऱ्या कित्येक खाणींच्या बाबतीत होत असला पाहिजे. काही वेळा हे खडकांचे थर जास्त तिरपे किंवा उभेही होऊ शकतात. त्यावेळी भूपृष्ठाखाली दाब जास्त असल्यामुळे खडकांच्या थरातील तेल सरकत सरकत कमी दाबाच्या पृष्ठभागाकडे येऊ शकते. भूपृष्ठावर अशा प्रकारे तेल आलेच असेल तर ते झिरपून किंवा उडून गेले असावे. काही ठिकाणी झिरपलेल्या तेलाचा मागोवा सापडतो.

भूपृष्ठाखाली भोक पाडून आपण तेलधारक खडकांपर्यंत पोचल्यावर, त्या भागापुरता खडकावरील दाब कमी होतो. म्हणजे साधारणतः हवेच्या दाबा-एवढा होतो. त्यामुळे तेल जास्त दाबाकडून कमी दाबाकडे सरकते व दाबामध्ये फरक पुष्कळ असल्यामुळे दगडातील तेल मोठ्या जोराने बाहेर येते. आरंभी तेलावरचा नैसर्गिक वायू वर येतो. तेल बरेच असल्यास तेलाचा जोर एवढा असतो की तेल कारंज्यासारखे वर उडते. दाब फरक कमी झाल्यावर उडणाऱ्या तेल फवाऱ्याचा जोर कमी होतो. पुढे मात्र तेल पंपाच्या साहाय्याने वर खेचावे लागते. काही वेळा दगडांमध्ये सामावलेले तेल दाब फरकाने बाहेर येत नाही. अशावेळी भूमिगत स्फोट करून तेलधारी खडकांची अंतरचना ढिली करावी लागते. त्यानंतर खनिज दगडांमध्ये अडकून बसलेले तेल मोकळे होते व ते वर काढणे शक्य होते.

तैलपंजर

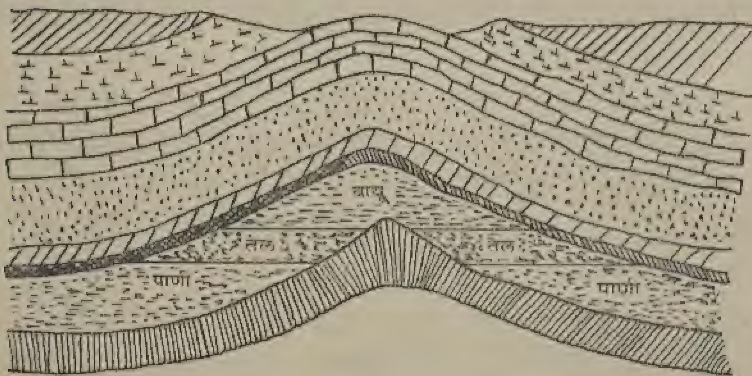
वाळूच्या थरामध्ये तेल असले तरी ते तेथून बाहेर काढण्यासाठी भूगर्भाची भूशास्त्रीय रचना अनुकूल असावी लागते. तसे असले तरच मोठ्या प्रमाणावर तेल उपलब्ध करून घेता येते. अशा जागीच तेलाची खाण लागते. अशा स्थळांना 'तैल पंजर' (oil traps) असे म्हणतात. ह्या दृष्टीने अनुकूल परिस्थिती म्हणजे, जैवी द्रव्यांचा संचय असलेला असा एकेकाळचा समुद्रतळ. तेल धारण करणारे वालुकाश्म किंवा तत्सम सछिद्र खडकांचा थर व भूशास्त्रीय

घडामोडीमुळे खडकांच्या थरामध्ये वळ्या (folds) पडणे व थर खालीवर होणे (म्हणजेच shifts) ही आवश्यक आहेत. ह्याशिवाय भूगर्भामध्ये तेल ज्या थरात आहे तेथेच राहावे म्हणजे तेल भूगर्भात खोल जाऊ नये किंवा भूपृष्ठावर येऊ नये, ह्याकरिता तेल धारण करणाऱ्या वालुकाश्म सच्छिद्र थराखाली घट्ट छिद्र-विरहित अग्निज खडक असला पाहिजे. त्याचप्रमाणे तेलधारी वालुकाश्माच्या थरावर पण घट्ट खडकाचे आवरण असले पाहिजे. सच्छिद्र स्तरातील तेल दाबाखाली असले पाहिजे.

वरील दृष्टीने म्हणजे तेलाची खाण लागण्याच्या दृष्टीने खडकांच्या थरांतील काही भूशास्त्रीय दोष उपयुक्त असतात. ह्या दोषांचे तीन प्रमुख प्रकार आहेत. ते म्हणजे :

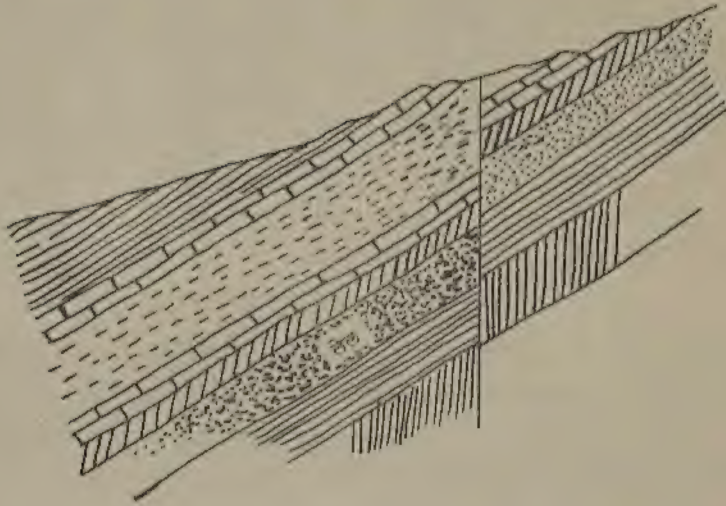
(१) विमुखनति (anticline); (२) विभंग (fault); आणि (३) अन्तर्वेशन (intrusion).

पुढील आकृतीवरून त्यांचे स्वरूप समजून येईल.



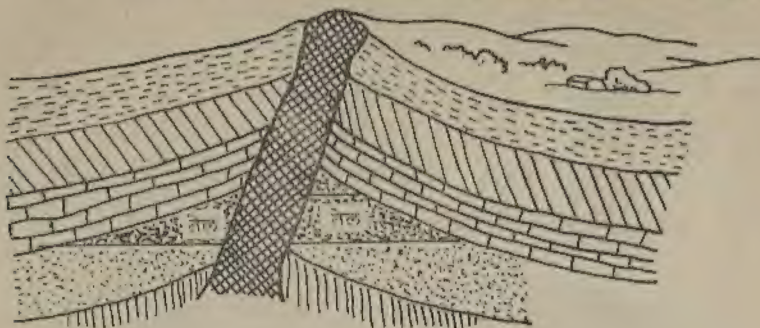
(१) विमुखनति (anticline)

(१) विमुखनति (anticline).—ह्या ठिकाणी खडकांच्या थरांना वक्रता येऊन ते काहीसे उपड्या द्रोणीसारखे दिसतात. वरचे आवरण व पायाचा भाग ही घट्ट खडकाची बनलेली असली पाहिजेत.



(२) विभंग (fault)

(२) विभंग (fault).—पुरातन काळी भूशास्त्रीय उलथापालथी फारच तीव्र स्वरूपाच्या होत होत्या. त्यामुळे नवीन पर्वतराजी निर्माण होणे, समुद्रातून नवीन भूमी वर येणे किंवा वर असलेली जमीन समुद्राच्या पाण्याखाली जाणे अशा तीव्र स्वरूपाच्या घडामोडीमध्ये भूस्तरावर ताण पडल्यामुळे भूमीला तडा जाऊन काही भूभाग वर येई व काही भूभाग आहे तेथेच राही. ह्यामुळे भूशास्त्रीय थरांच्या एकसंधीपणाचा भंग होतो. उदाहरणार्थ एका भूभागाचा वालुकाश्म थर वर उचलला गेला आणि दुसऱ्या भागातील तोच थर होता तेथेच राहिला तर त्या थराचा सलगपणा जाऊन सच्छिद्र स्तरापुढे छिद्रविरहित अग्निज अश्मस्तर येईल; अशी आणि एवढी घडामोड होते. अशावेळी सच्छिद्र स्तरातून होणाऱ्या भूगर्भीय तेलप्रवाहामध्ये खंड पडून विभंग पावलेल्या सांध्या-वर तेल एकत्रित होऊ लागले.



(३) अन्तर्वेशन (intrusion)

(३) अन्तर्वेशन (intrusion).—अशा प्रकारच्या तैल पंजरामध्ये भूशास्त्रीय स्तरांना छेदून अग्निज खडकांची किंवा खनिज क्षारांची भिंत किंवा मेख निर्माण होऊन ती भूगर्भातून खडकांचे थर कापून वर येते. अशावेळी वर वर घुसलेल्या भिंतीमुळे खडकांचे थर काहीसे तिरपे होऊन तेल संचयाला किंवा तैल पंजर निर्माण व्हावयाला मदत होते.

अशातऱ्हेने फार पुरातन काळी तेलाचे संचय होऊन राहिले. परंतु हे सारे भूशास्त्रीय काळामध्ये घडले. म्हणजे पृथ्वीवर मानव निर्माण होण्यापूर्वी लक्षावधी वर्षे. हे संचय कोठे आहेत ह्याचे बाह्यतः काहीच लक्षण आढळून येत नसे. त्यामुळे भूपृष्ठाखाली तेल असेल ह्याची कोणालाच कधी शंका आली नाही. भूगर्भातील तैल संपत्ती मानव सुबुद्ध व तंत्रकला विशारद होईपर्यंत दृष्टीआड—कोटयवधी वर्षे उद्धाराची वाट पाहात—पडून राहिली.

वापरून संपून जाणारे मुद्दल : खनिज तेल

खनिज तेल कोटयवधी वर्षांपूर्वी तयार झाले तेवढेच. त्यानंतर तेल बनण्याची प्रक्रिया जवळ जवळ बंद झाली. म्हणजे भूमिगत तेलाचा साठा कितीही प्रचंड असला तरी त्याला मर्यादा आलीच. पृथ्वीवरील झाडे-झुडपे, अन्नधान्ये, फळे-फुले ही तर दरसाल तयार होतात. मोठ्या झाडांना तयार व्हावयाला काही वर्षे लागतात. परंतु त्यांची वाढ संपली म्हणजे ती तोडली जातात किंवा मरून

जातात. नंतर त्याच जागी पुन्हा त्यांची निपज होऊ शकते. असे हे त्यांच्या निर्मितीचे चक्र अखंड चालू असते. परंतु पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली खनिज तेलाच्या बाबतीत पुनर्निर्मिती नाही हा महत्त्वाचा फरक ध्यानात ठेवला पाहिजे. भूपृष्ठावरील उत्पादने ही दरसाल किंवा मुदतीनंतर मिळणाऱ्या व्याजाप्रमाणे आहेत. त्यामध्ये सातत्य, अखंडत्व आहे. खनिज तेल मात्र नवीन तयार होत नाही. त्यामध्ये वाढ नसल्यामुळे ते असते पडून राहिलेल्या मुद्दलाप्रमाणे. तेल बाहेर काढून वापरत जावे तसे तसे मुद्दल घटत जाते. ह्यामुळे आज ना उद्या खनिज तेल संपून जाणार हे उघड आहे. दरसाल नवीन खाणींचा शोध लागतो हे खरे. दुसरे अज्ञात साठे नवीन नवीन तंत्र वापरून शोधून काढले जातील हे गृहीत धरून सुद्धा हा प्रचंड संचय केव्हातरी संपून जाणार हे निर्विवाद आहे.

प्रमुख देशातील खनिज तेलाचे निश्चित ठरलेले भूमिगत साठे, त्यांची प्रत्यक्ष निर्मिती व त्यांचे जागतिक साठे व निर्मिती ह्यांच्याशी शेकडा प्रमाण. साठे व वार्षिक निर्मिती ह्याच्या परस्पर प्रमाणावरून चालू परिस्थितीमध्ये साठे किती वर्षे पुरतील ह्याचा अंदाज येतो. परंतु भूमिगत साठे ह्यांचा नवीन शोध व वार्षिक निर्मितीमध्ये फरक ह्यामुळे हे आकडे बदलतात. तुलनेसाठी १९५६ व १९७० ह्या वर्षांची आकडेवारी दिलेली आहे.

कोष्टक क्र. २.२ (वर्ष १९५६)

देश		निर्मिती दशलक्ष टन	जागतिक निर्मितीमध्ये शेकडा प्रमाण	भूमिगत साठे दशलक्ष टन	जागतिक साठ्यामध्ये शेकडा प्रमाण	साठे किती वर्षे टिकतील = भूमिगत साठे / वार्षिक निर्मिती
अमेरिका (यु. स्टे.)	..	३४९	४२.२४	४,०४०	१३.३	११.६
वेनेझुएला	..	१२६	१५.२५	१,८६०	६.२	१४.८
मध्यपूर्व (अरब)	..	१७१	२०.७०	१९,३००	३१.०	११२.९
पश्चिम युरोप	..	१०	१.२०	१९५	०.६	१९.५
दूर पूर्व	..	२०	२.४०	८१५	२.७	४०.८
कम्युनिस्ट देश	..	९७	११.७०	३,३५०	११.७	३४.५
एकूण जागतिक आकडे	..	८२६	...	३०,५६५	...	३७.०

कोष्टक क्र. २.३ (वर्ष १९७०)

देश	निर्मिती दशलक्ष टन	जागतिक निर्मितीमध्ये शेकडा प्रमाण	भूमिगत साठे दशलक्ष टन	जागतिक साठ्यामध्ये शेकडा प्रमाण	साठे किती वर्षे टिकतील = भूमिगत साठे / वार्षिक निर्मिती
अमेरिका (यु. स्टे) ..	५३४	२३.००	५,०००	६.१०	९.३
वेनेझुएला ..	१९३	८.२०	१,९००	२.३०	९.८
मध्यपूर्व (अरब) ..	६९२	३०.००	४६,५६४	५७.३०	६७.३
पश्चिम युरोप ..	१६	०.६८	५०१	०.६०	३१.०
आल्जेरिया (आफ्रिका) ..	४७	२.१०	४,०५४	५.००	८५.०
दूर पूर्व ..	६७	२.८०	२,०००	२.४०	३०.०
कम्युनिस्ट समूह ..	३९३	१६.८०	१३,५१३	१६.६०	३४.०
भारत ..	६.८	०.३०	१३०	०.१६	२०.०
एकूण जागतिक आकडे ..	२,३३७	...	८१,२७०	...	३५.०

आजचा तेलाचा वापर आणि भविष्यकाळातील आणखी वाढता वापर लक्षात घेऊन ज्ञात व संभाव्य तेलसंचयाविषयी अगदी ढोबळ असे अंदाज करण्यात आले आहेत. ह्या अंदाजावरून हा सारा तेलसंग्रह फारतर १००–१५० वर्षे पुरेल. त्यानंतर पुढे काय ? अर्थात काही आशावादी अंदाज ही कालमर्यादा आणखी १,०००–१,२०० वर्षे पुढे ढकलतात. तरीपण पुढे काय हा प्रश्न उरतोच.

□ □

प्रकरण तीन

खाणींचा शोध, तेल बाहेर काढणे व तेल वाहतूक

खनिज तेलाचा शोध लागतो तरी कसा ? पृथ्वीच्या भूपृष्ठाखाली तेल आहे असे गृहीत धरले तरी पृथ्वीचा पृष्ठभाग एवढा विस्तीर्ण आहे की ते नेमके कोठे कोठे आहे हे कसे समजावयाचे ? गवताच्या गंजीमध्ये केव्हातरी पडलेली सुई शोधून काढण्यापेक्षाही हे काम जास्त अवघड. ह्या अदृश्य भूमिगत तेलाचा शोध लावणे आरंभी काही बाह्य लक्षणांवरून थोडेसे सोपे गेले. ती बाह्य लक्षणे कोणती ? जमिनीच्या पृष्ठभागावर काही ठिकाणी खनिज तेल किंवा नैसर्गिक जळाऊ वायू झिरपून येत असे. रशियामधील बाकू येथे व इराणमधील किरकुक ह्या ठिकाणी असे झिरपून येणारे तेल व वायू ह्यांना आग लागे व त्यापासून अखंड ज्वाला निघे. त्रिनिदाद येथे तर डांबराचा तलाव असल्याचे सुप्रसिद्धच आहे. काही तीक्ष्ण घ्राणेंद्रिय असणाऱ्या लोकांना काही ठिकाणी वासावरून तेलाचा मागोवा घेता येतो. बाकूच्या आसमंतात काही ठिकाणी झऱ्यातून येणारे पाणी खोलगट जागेमध्ये साचे तेव्हा त्यावर तेलाचा तवंग येई. सूर्य-प्रकाशात तेलाच्या तवंगावरून परावर्तित किरणांचे रंग इंद्रधनुष्याच्या रंगाप्रमाणे वैचित्र्यपूर्ण दिसत. ह्यावरून तेलाचा तवंग पाण्यावर असल्याचे समजून येई. अशा जागी तेल असण्याची शक्यता सर्वांना पटणारी होती.

परंतु खनिज तेल इतरत्र नसेल का ? का असू नये ? मिठासाठी खारट पाणी मिळावे म्हणून समुद्रापासून फार दूर अशा ठिकाणी खोल विहिरी खोदीत असताना काही ठिकाणी खारट पाणी, तेलयुक्त किंवा तेलाचा वास असलेले असे आढळून

आले होते. अशातऱ्हेने बाह्यत: तेलाच्या काहीच खाणाखुणा नसलेल्या ठिकाणी तेलाचा शोध घेण्याच्या कल्पना काही लोकांच्या मनामध्ये येऊन गेल्या असणारच परंतु नेमकी कोणत्या जागी विहीर खोदली तर तेल लागेल हे कसे कळणार ?

विज्ञान विकासाच्या आरंभकाळी तेल शोधकांना मार्गदर्शक असे काही नियम किंवा साधने नव्हती. तेलशोधक घोडेस्वार आपली हॅट उंच उडवीत व ती पडेल तेथे विहिरी खणत. काहीवेळा आपल्याकडील पाणीवाले महाराजाप्रमाणे अंतर्ज्ञानी म्हणून स्वत:ची जाहिरात करणाऱ्या भोंदू लोकांच्या सांगण्यावरून तेल विहिरीची जागा निश्चित करीत. काही तेल शोधक केवळ नशिबाशी खेळ खेळावयाचा म्हणून वाटेल तेथे विहीर खोदावयाला आरंभ करीत. विहीर बरीच खोल गेल्यावरही तेल लागले नाही तर ती विहीर सोडून देत. अशा १००–२०० विहिरी खोदाव्या तेव्हा चुकून एखाद्या विहिरीमध्ये तेल सापडे व तेल शोधणाऱ्या माणसाचे भाग्य उदयाला येई. परंतु अशी एखादी विहीर फलदायी होण्यापूर्वी कित्येक कोरड्या विहिरी खोदण्याचा अवाढव्य खर्च वाया जात असे.

तेल भूशास्त्र

विज्ञानाची प्रगती होईपर्यंत तेल शोधण्याचे अचूक नसले तरी मार्गदर्शक असे तंत्र उपलब्ध नव्हते. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखालील जमिनीची रचना कशी आहे ? ती तशी का आहे ? वगैरे माणसाच्या कुतूहलामधून विज्ञानाची सतत वाढ होत गेली. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखालील खडक, त्यांचे प्रकार, त्यांचे गुणधर्म, त्यांची रचना, रचनेमधील काही वैशिष्टये, खनिजे वगैरे पृथ्वीविषयी माहिती ह्यावर आधारलेल्या विज्ञान शाखेला 'भूशास्त्र' म्हणतात. तेल धारण करण्याच्या दृष्टीने खडकांचे गुणधर्म, त्यांची रचना, भूपृष्ठाखाली त्यांची संभाव्य खोली वगैरे माहितीवर आधारलेल्या भूशास्त्राला 'तेल-भूशास्त्र' किंवा 'पेट्रोलिअम जीऑलजी' असे म्हणतात. ह्या शास्त्राची बरीच प्रगती झालेली आहे. वास्तव शास्त्रीय साधने व काही कार्यक्षम यंत्रे वापरून पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली दोन-तीन मैलपर्यंत भूरचना कशी कशी आहे, भूस्तर कसे आहेत, त्यांची वैशिष्टये काय आहेत हे समजून येणारी उपकरणे आता उपलब्ध झालेली आहेत. ह्या साधनांचा उपयोग करणाऱ्या भूशास्त्राला 'भूभौतिक शास्त्र' असे म्हणतात.

ह्या शास्त्राच्या प्रगतीमुळे आता पूर्वीप्रमाणे अनुमानावर किंवा केवळ नशिबा-वर अवलंबून राहण्याचे कारण उरले नाही.

तेल-भूशास्त्रज्ञ तेल शोधून काढणाऱ्याला कशाप्रकारे मार्गदर्शन करतो हे समजून घेणे महत्त्वाचे आहे. विशिष्ट ठिकाणी भूस्तररचना कशी आहे, खडकांचे प्रकार, त्यांची परस्परांशी मांडणी कशी आहे, सरळ, वक्र, उभी की तिरपी हे भूशास्त्रज्ञाला समजावून घ्यावे लागते. त्यामध्ये भूशास्त्रीयदृष्ट्या दोष निर्माण झाले आहेत का हे पाहावे लागते. हेच काम भूशास्त्रज्ञ इतर शास्त्रज्ञांच्या साहाय्याने करीत असतो.

आज रूढ असलेल्या सिद्धांताप्रमाणे तेल, समुद्राच्या तळाशी कित्येक कोटी वर्षांपूर्वी तयार झाले. त्यावर निरनिराळे गाळाचे थर साचू लागले. ह्या उपपत्ति-प्रमाणे तेल फक्त समुद्राच्या तळाशीच असावे अशीच कोणाचीही अपेक्षा. परंतु कोट्यावधी वर्षांपूर्वी पृथ्वीवर भूशास्त्रीय भयंकर उलथापालथी होऊन काही समुद्रभाग वर आला असावा व काही भूभाग समुद्रामध्ये गेला असावा. शिवाय घट्ट झालेल्या खडकांच्या दाबामुळे सच्छिद्र खडकांच्या थरांमध्ये असलेले तेल कमी दाबाच्या सच्छिद्र दगडांमध्ये बऱ्याच अंतरापर्यंत सरकून पुढे गेले असणे शक्य आहे. अशातऱ्हेने एकवेळच्या समुद्राखालचे तेल जमिनीखाली आले असले पाहिजे. म्हणून तर जमिनीखाली तेलाचा शोध घेण्याचे औचित्य.

ह्या संदर्भात एक गोष्ट लक्षात ठेविली पाहिजे. साधारणपणे तीन भाग समुद्र व एक भाग जमीन अशी पृथ्वीची विभागणी आहे. त्यामुळे कोट्यवधी वर्षांपूर्वीच्या समुद्रापैकी काही भागाची उलथापालथ होऊन तो भाग वर येऊन जमीन झाली असली पाहिजे, हे तर उघड आहे. आजचा सारा भूभाग एकावेळी समुद्रतळाशी होता असे आपण गृहीत धरतो आहो. परंतु तसे असेलच असे नाही. काही भाग पूर्वी जमीन होता व आजही तो भाग जमीनच राहिला असेल. असे असेल तर त्या ठिकाणी तेल असण्याची शक्यता फारच थोडी आहे. भूशास्त्रीय अभ्यासाने साऱ्या भूभागापैकी अवघ्या $\frac{1}{4}$ भागाखालीच तेल असण्याचा संभव आहे असे मानले जाते. उदाहरणार्थ आफ्रिका खंडापैकी, इजिप्त, लिबिया, नायजेरिया ह्या देशांमध्ये तेल आहे. इतरत्र तेल असण्याचा संभव फारच थोडा

असा शास्त्रज्ञांचा कयास आहे. ह्यामुळे तेलसंचय थोड्याच भूभागाखाली असणार हे उघड आहे. तेल हे सच्छिद्र हलक्या खडकामध्ये अडकलेले असते. तथापि केवळ तेलधारक खडकांचा शोध लावून भागत नाही. ह्या खडकांमध्ये तेल असेलच तर ते झिरपून गेले असेल किंवा कमी दाबाच्या जागी वाहून म्हणजे सरकून गेले असेल. सच्छिद्र हलक्या खडकाच्या शोधाला महत्त्व आहे परंतु ते मर्यादित आहे. ह्या प्रकारच्या खडकामध्ये तेल साचेल अशी म्हणजे त्यातून तेल झिरपून जाण्याचे किंवा सरकून पुढे जाण्याचे मार्ग बंद करणारी अशी विशिष्ट खडक रचना पाहिजे. अशा प्रकारची खडकांची रचना असेल तेव्हाच तेलाच्या खाणीला योग्य अशी जागा तयार होते. खरा प्रश्न आहे तो, ही जागा बरोबर हुडकून काढण्याचा.

उपयुक्त भूरचना विकृती

भूपृष्ठाखालील निरनिराळ्या खडकांचे थर अगदी एका पातळीत असले तर ते तेलखाणीच्या दृष्टीने फारसे उपयुक्त नाहीत. ह्या खडकस्तरांमध्ये कोठेतरी रचना दोष असला तर मग त्या ठिकाणी तेल पंजर (ऑइल ट्रॅप) निर्माण होतो. तेलासाठी विहीर खोदावयाची ती ह्याच जागी खोदली तर ती फलदायी होते. सामान्यपणे तेलपंजर तयार व्हावयाला भूशास्त्रीय रचनेमधील मुख्यत: तीन विकृती उपयुक्त ठरतात. एक म्हणजे तेलधारक सच्छिद्र खडकाच्या खाली कठीण, घट्ट, अपार्य स्तर असणे आणि त्यावर उलटच्या बशीसारखे घट्ट व अपार्य खडकाचे आच्छादन असणे. अशा ठिकाणी असलेल्या सच्छिद्र स्तरातील तेल झिरपून बाहेर येणार नाही म्हणून तेथे तेलपंजर बनतो. तेलपंजराचा दुसरा प्रकार म्हणजे जमिनीमध्ये झालेल्या उलथापालथीमध्ये खडकांचे स्तर खालीवर होतात. खडकांच्या स्तरांचे अखंडत्व भंग पावते. तेलधारक सच्छिद्र मऊ खडकाचे समोर घट्ट व तेल-अपार्य अशा खडकाचा थर आला तर खडकातील तेल प्रवाहाची वाट खुंटते व त्या ठिकाणी तेल संचय होऊ लागतो. म्हणजेच तैलपंजर तयार होतो. तैलपंजराचा आणखी एक प्रकार म्हणजे भूशास्त्रीय उलथापालथीमध्ये सुव्यवस्थित रचलेल्या खडक-थरांना छेदून आरपार जाणारी अग्निज खडकांची भिंत निर्माण झाली तर तेलधारक स्तरांचा एकसंधपणा मोडून त्या ठिकाणी तैलपंजर बनतो.

भूशास्त्रज्ञ तेल शोधून काढण्याच्या दृष्टीने नेमके काय करतो ? तेल कोठे आहे हे कळून येण्याचे निश्चित असे तंत्र अद्यापही उपलब्ध नाही. भूशास्त्रज्ञाला सामान्यपणे २५–३० मीटरपर्यंत खोल अशा खडकांच्या रचनेविषयी काही अंदाज बांधता येतात. परंतु त्यापेक्षाही खोल अशा भूशास्त्रीय रचना समजून येण्यासाठी भूशास्त्रज्ञाला भौतिकशास्त्र व इतर शास्त्रे ह्यांची तंत्रे व उपकरणे वापरावी लागतात. ह्या शास्त्रांच्या तंत्राचा फायदा घेऊन भूशास्त्रज्ञ भूपृष्ठाखाली खोल खडकांच्या स्तरांची कशी रचना असेल, त्या रचनेमध्ये काही वैशिष्ट्ये आहेत काय, वगैरे माहिती मिळवितो. रचनेमध्ये काही उपयुक्त असे भूशास्त्रीय दोष किंवा विकृती आहेत की काय ह्याचा प्रथम विचार केला जातो. तैलपंजर तयार होण्याच्या दृष्टीने भूस्तररचना अनुकूल आहे की काय हे भूशास्त्रज्ञ ठरवितो. भूस्तररचना व त्यांची वैशिष्टये समजून येण्यासाठी भौतिकशास्त्रीय तंत्रांचा उपयोग केला जातो.

भूस्तररचना समजून येण्यासाठी कोणत्याही क्षेत्राचे बाह्यरूप व आंतररूप ही दोन्ही बारकाईने पाहणे आवश्यक आहे. तैलपंजर हे प्रवासाच्या व वाहतुकीच्या दृष्टीने सोयीच्या सपाट भूभागात नसतात असे नाही. परंतु ते क्वचितच घडते. सामान्यतः तैलपंजर आढळतात ते वाळवंटी प्रदेशात किंवा जंगलात, किंवा दलदलीच्या प्रदेशात नाहीतर अतिथंड भूभागात.

विमानातून निरीक्षण

प्रवासाला व वाहतुकीला अत्यंत दुर्घट अशा हजारो चौरस मैल विस्तीर्ण भूप्रदेशाची भूशास्त्रीय तपासणी प्रत्यक्ष फिरून करावयाची तर ते काम अशक्य-प्राय आहे. त्यासाठी प्रथमतः विमानातून ह्या विस्तीर्ण प्रदेशाचे निरीक्षण करून भूशास्त्रीयदृष्ट्या योग्य असा भूविभाग निश्चित केला जातो.

भूनिरीक्षण विमानातून कसे करावयाचे ह्याचे एक तंत्र आहे. निरीक्षणासाठी निवडलेल्या भूप्रदेशावर ठराविक उंचीवरून प्रत्येक दोन फेऱ्यांमध्ये विशिष्ट भूअंतर राखून विमानाच्या सारख्या मागेपुढे अशा फेऱ्या सुरू होतात. अशातऱ्हेने त्या विमानाच्या फेऱ्यांनी सारा भूप्रदेश व्यापला जातो. विमानाच्या खाली विशाल कोन असलेला कॅमेरा लावलेला असतो. कॅमेऱ्याने थोड्या थोड्या

भूभागाचे फोटो घेतले जातात. फोटो नेमके कोठल्या भागाचे आहेत ते कळण्या-साठी थोडा पूर्वीचा मुलुख व बराच नवीन मुलुख प्रत्येक फोटोमध्ये येईल अशी फोटो घेण्याची पद्धती असते. विस्तीर्ण भूभागावरून विमानाच्या पुढेमागे होणाऱ्या फेऱ्यांमध्ये असे शेकडो फोटो निघत असतात. कोठला फोटो कोणत्या ठिकाणचा हे समजण्यासाठी दोनदा चित्रण झालेला प्रत्येक फोटोचा भाग एकमेकांवर ठेवून फोटोला फोटो जोडणे सोपे जाते. सर्व फोटो व्यवस्थितपणे जोडल्यावर त्या साऱ्या भूक्षेत्राचे म्हणजे शेकडो नव्हे तर हजारो चौरस कि.मी. क्षेत्राचे पूर्ण चित्रण थोडक्या जागेत भूशास्त्रज्ञांना मिळते. अर्थात हे चित्रण त्या भूभागाच्या बाह्यांगाचे असते. परंतु ते चित्रण पाहून भूशास्त्रज्ञाला भूरचने-बद्दल बरीच माहिती समजून येते. ह्या चित्रणातून मिळणारी माहिती भूशास्त्रज्ञाच्या दृष्टीने उपयुक्त नसेल तर तो सारा भूप्रदेश तेल उत्पादनाच्या दृष्टीने निरुपयोगी म्हणून सोडून देतात व दुसरीकडे मोर्चा वळवितात.

भूशास्त्रज्ञांच्या दृष्टीने अनुकूल असा एखादा भूभाग फोटोने झालेल्या चित्रणामध्ये आढळला तर तो भाग विशेष अभ्यासासाठी निवडला जातो. त्या भागाचे मग सविस्तर भूसंशोधन करण्यात येते. त्यासाठी भूशास्त्रज्ञ प्रत्यक्ष त्या ठिकाणी जाऊन खडकांचे नमुने तपासून भूस्तरांची रचना कशी असेल ह्याविषयी माहिती देणारी यंत्रे वापरून हे संशोधन करतो. विमानांची सोय नसती तर कित्येक हजार चौरस कि.मी. प्रदेशापैकी थोडासा अनुकूल किंवा आशादायी भाग निवडावयाला भूशास्त्रज्ञांना कितीतरी दिवस लागले असते. शिवाय श्रम व कितीतरी पैसे खर्च करावे लागले असते. विमानामुळे हे प्रारंभीचे श्रम व वेळ ही वाचतात. अर्थातच वैमानिक निरीक्षणाला व फोटोसाठीही बराच खर्च येतो. तरीपण श्रम व वेळ ही वाचतात, हा फायदा काही कमी महत्त्वाचा नाही. मोठ्या विस्तीर्ण क्षेत्रापैकी भूशास्त्रीयदृष्ट्या अनुकूल वाटणारे असे लहानसे क्षेत्र भूशास्त्रीय अभ्यासासाठी निवडणे ही झाली भूशास्त्रीय संशोधनाची पहिली पायरी.

गुरुत्वमापन पद्धती

भूपृष्ठाखाली खडकाची रचना कशी आहे ह्याची तपासणी भूशास्त्रज्ञांना करावी लागते. भूशास्त्राच्या अभ्यासकांना सामान्यपणे १०० फुटापेक्षा

जास्त खोल असणाऱ्या भूस्तररचनेविषयी माहिती मिळवावयाची तर त्यांना इतर शास्त्रज्ञांची मदत घ्यावी लागते. त्यासाठी उपलब्ध असलेल्या भूभौतिक शास्त्राच्या तंत्रापैकी एक तंत्र म्हणजे गुरुत्वमापकाचा उपयोग करणे. विशिष्ट जागेचे नजिकच्या जागेच्या संदर्भात गुरुत्व शोधून काढतात. पृष्ठभागाखाली खडक मुख्यत: घट्ट व जड जातीचे असले तर त्यामुळे गुरुत्व (gravity) थोडे जास्त जाणवेल. त्याउलट भूपृष्ठाखाली प्रामुख्याने भुसभुशीत सच्छिद्र खडकाचे प्रकार असले तर तुलनेने तेथे गुरुत्व थोडे कमी असेल. थोडे कमी किंवा थोडे जास्त हे भेद प्रत्यक्षात अत्यंत सूक्ष्म असतात. अत्यंत नाजुक सूक्ष्मभेदग्राही अचूक यंत्रेच तो फरक दाखवू शकतात. गुरुत्वमापक यंत्र सामान्यत: पीळकाटा (torsion balance) किंवा ताणकाटा (spring balance) ह्या जातीचे असते. ह्याला ग्रॅव्हिटी पद्धत किंवा गुरुत्वमापन पद्धती असे म्हणतात. ह्या पद्धतीचा १९२० साली आरंभ झाला. ह्या पद्धतीने एखाद्या क्षेत्राचे पूर्णमापन करून भूमीच्या अंतरंचनेचा आलेख बनविता येतो. ह्यावरून थोड्या वेळात भूपृष्ठाखालील भूस्तरांची प्राथमिक कल्पना येते.

कर्षुकीय पद्धती

मॅग्नेटॉमिटर्स म्हणजे कर्षुकीय क्षेत्रमापक हे पृथ्वीच्या कर्षुकीय क्षेत्राची तीव्रता व दिशा दाखवितात. ह्यामुळेच होकायंत्रातील काटा नेहमीच दक्षिण उत्तर दाखवितो. ह्या कर्षुकीय क्षेत्रामध्ये स्थलमानापरत्वे थोडे-फार बदल होतात. ह्याचे कारण म्हणजे भूपृष्ठाखाली कर्षुकीय गुणधर्म असलेले खडक. त्यामुळे कर्षुकीय गुणधर्म असलेल्या खडकांच्या रचनेबद्दल काही अंदाज करता येतात. कर्षुकीय क्षेत्रमापक हाताने फिरविण्याऐवजी विमानातून फिरविल्यास विशिष्ट क्षेत्रातील खडक-प्रकारांचे ढोबळ स्वरूप समजून येते. एकाद्या क्षेत्राचा भूशास्त्रीय आराखडा तयार करावयाला ह्या माहितीचा उपयोग होतो.

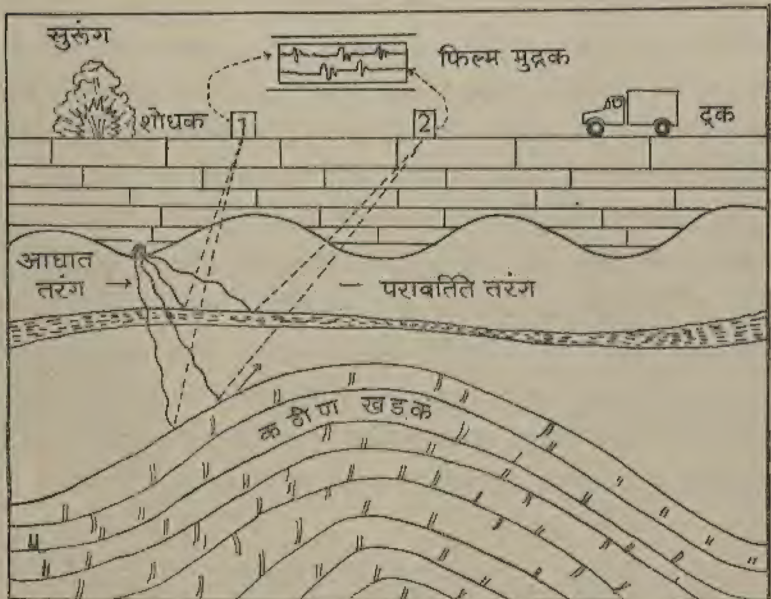
भूकंपतंत्र किंवा सेस्मिक (seismic) तंत्र

ह्या पद्धतीचे मूलतत्त्व हे काहीसे ध्वनि-प्रतिध्वनि ह्यासारखे आहे. आपण एकाद्या डोंगरकड्यापासून किंवा उंच भिंतीपासून काही अंतरावर राहून बोललो तर काही वेळाने आपल्या बोलण्याचा प्रतिध्वनि आपल्याला ऐकावयाला मिळतो. कड्यापासून किंवा भिंतीपासून आपले अंतर जास्त तेवढा

प्रतिध्वनि यावयाला वेळ जास्त लागतो. आपल्या शब्दांचे नादतरंग हवेतून जातात व कड्याच्या खडकाला किंवा भिंतीवर आदळले म्हणजे ते परावर्तित होतात. कड्यापलीकडे किंवा भिंतीपलीकडे हे नादतरंग जाऊ शकत नाहीत. खरे म्हणजे हवेमधील तरंगांचा वेग माहीत असल्यामुळे ध्वनि व प्रतिध्वनि ह्यामधील कालांतर अचूक मोजता आले तर बोलणाऱ्या माणसापासून कडा किती दूर आहे हे शोधून काढता येते. ह्याच तत्त्वाचा उपयोग भूकंपन पद्धति-मध्ये करण्यात येतो.

हवामानखात्याच्या वेधशाळेमध्ये ठेवलेले भूकंपनलेखक (यंत्र) हजारो मैलावर झालेल्या भूकंपाची अचूक नोंद करते. भूकंपाचे तरंग पसरत पसरत भूकंपलेखकापर्यंत येऊन पोचतात. तेव्हा ते नोंदण्याची योजना असते. प्रत्येक भूस्तराचे कंपन-तरंगावर निरनिराळे परिणाम होतात. म्हणजे काही प्रकारच्या स्तरामधून कंपन-तरंग लवकर जातात व काही थरांमधून ते 'प्रणमन' (refract) होतात, तर काही स्तरांच्या पृष्ठभागावरून परावर्तित होतात. भूस्तरांची रचना, जाडी वगैरे माहिती मिळविण्याच्या दृष्टीने भूकंपन तंत्र फार उपयुक्त आहे.

भूकंप लेखन



ह्या पद्धतीमध्ये क्षेत्राची विशिष्ट प्रकारे आखणी करून निरनिराळ्या योजनाबद्ध ठिकाणी भूकंपलेखकांची स्थापना करतात. त्यानंतर पूर्व योजने-प्रमाणे अंतराअंतरावर जास्त किंवा कमी खोल पाडलेल्या भोकांमध्ये डायना-माइटसारखे स्फोटक द्रव्य ठेवतात. विजेच्या साहाय्याने तेथे ठिणगी पाडून स्फोट घडवून आणतात. एका अर्थाने अगदी छोटा भूकंप निर्माण करतात. ह्या स्फोटा-तून निघणारे तरंग भूपृष्ठाखालील घट्ट खडकापासून परावर्तित होतात. त्यांची नंतर काही अंतरावर ठेवलेल्या भूकंपलेखकावर नोंद होते. स्फोटाची वेळ व तरंग खडकापर्यंत जाणे व तेथून परावर्तित होऊन यंत्रापर्यंत येऊन नोंद झाल्याची वेळ ह्यामध्ये किती सेकंद किंवा सेकंदाचे अंश भाग लागले ह्यावरून खाली परावर्तित करणारा भूस्तर किती खोल आहे ह्याची अचूक कल्पना येते. असे बरेच सूक्ष्म स्वरूपाचे भूकंप निवडलेल्या भूभागामध्ये निरनिराळ्या ठिकाणी घडवून आणतात. त्यांच्या तरंग प्रवासाच्या वेळाची नोंद केल्यानंतर कंपने परावर्तित करणारा खडकाचा थर एका विशिष्ट ठिकाणी किती खोल आहे व त्या सर्व क्षेत्रामध्ये हा थर कसा पसरलेला आहे म्हणजे कोठे खोल आहे, कोठे वर आलेला आहे, ह्याची कल्पना येते. ह्या माहितीवरून भूपृष्ठाखाली अदृश्य असलेल्या भूशास्त्रीय विकृतीची कल्पना येते. ह्या सर्व माहितीच्या आधाराने भूशास्त्रज्ञ भूस्तररचनेचा आराखडा बनवितो. ह्यावरून संभाव्य तैलपंजराचा अंदाज बांधता येतो.

ह्याशिवाय भूशास्त्रज्ञांना साहाय्य करणाऱ्या आणखी एक दोन पद्धतींचा निर्देश केला पाहिजे. त्यापैकी एक म्हणजे भूशास्त्रीय रसायन पद्धति. ह्या पद्धतीमध्ये जमिनीखाली तेल किंवा वायू असला तर त्यातील अत्यंत अल्प भाग तरी झिरपून पृष्ठभागावर येणे शक्य आहे. त्याचा वास सामान्य माणसाला कदाचित येणार नाही. परंतु भूरसायन शास्त्रज्ञ आधुनिक विश्लेषणाची तंत्रे वापरून, मातीमध्ये तेलाचा किंवा वायूचा अत्यंत सूक्ष्म भाग असला तरी शोधून काढू शकतात. दुसरे एक रासायनिक तंत्र म्हणजे केवळ तेलासारख्या हायड्रो-कार्बन ह्या द्रव्यात वाढणारे काही सूक्ष्मजीवी आहेत. हे सूक्ष्मजीवी मातीमध्ये बारकाईने शोध-ण्यात येतात. अशाप्रकारचे सूक्ष्मजीवी आढळले तर झिरपून तेल वर येत असले पाहिजे असा अंदाज करता येतो. रासायनिक पद्धतीचा काही प्रमाणात उपयोग

होतो. सामान्यपणे भूपृष्ठाखाली तेल असले व त्यावर कितीही घट्ट व तेलाला अपार्य असा खडक असला तरी, कोणताच खडक शंभर टक्के अपार्य नसतो, त्यामुळे अगदी घट्ट खडकाच्या थरातून थोडेफार तेल झिरपून येणे शक्य असते. रासायनिक पद्धती ह्यावरच आधारलेली आहे. ही पद्धती गेली ३०–४० वर्षे काही ठिकाणी वापरण्यात येत असे. परंतु आहे ह्या स्वरूपात ह्या पद्धतीची उपयुक्तता फारच मर्यादित आहे असे मानण्यात येई. अलिकडे रशियामध्ये ह्या पद्धतीवर भर देण्यात येऊ लागला आहे. त्यामुळे कदाचित ह्या पद्धतीचे महत्त्व इतर देशातही वाढेल असे वाटते.

पुराजीव विज्ञान (Palaeontology) ह्या विज्ञान शाखेचा तेल शोधनाला उपयोग होतो. खडकातील पुराजीव अवशेष पाहून विशेषतः सूक्ष्मदर्शकाखाली पुराजीव सूक्ष्म अवशेष पाहून खडकांच्या निरनिराळ्या थरांचे स्वरूप व त्यांचे वयोमान ठरविण्यास मदत होते.

ह्या विविध पद्धतींचा उपयोग करून व काही ठिकाणी कमी किंवा जास्त खोलीच्या विहिरी प्रत्यक्ष खोदून त्यातील खडक बाहेर काढून त्यांची भूशास्त्रीय तपासणी करून त्या भूभागातील भूरचनेचा व त्यांच्या वैशिष्ट्यांचा भूशास्त्रीय आराखडा तयार करतात. मग संभाव्य तेलसंचय कोठे असतील हे भूशास्त्रज्ञ सुचवितात.

ही सारी आधुनिक शास्त्रीय साधने हाती असल्यावर भूशास्त्रज्ञ तेलसंचय अचूक हेरतात अशी समजूत असेल तर ती मात्र बरोबर नाही. भूशास्त्रज्ञ करतो ती नुसती प्राथमिक पाहणी असते. त्या पाहणीतून निष्कर्ष निघतो तो एवढाच की, कोठेतरी विहीर खोदण्यापेक्षा भूशास्त्रज्ञानी सुचविलेल्या जागी खोदणे चांगले. ही प्राथमिक पाहणी बरीच खर्चाची असते. ही खर्चिक पाहणी झाल्यावर भूशास्त्रज्ञ काय सांगू शकतात ? भूशास्त्रीयदृष्टीने विचार करता काही ठिकाणी परिस्थिती अनुकूल नसेल तर त्या ठिकाणी तेल लागणार नाही हे निश्चित. त्या ठिकाणी तेल-शोध व्यर्थ आहे असे भूशास्त्रज्ञांना सांगता येते. परंतु ज्या क्षेत्रामध्ये भूशास्त्रीय परिस्थिती अनुकूल आहे त्या ठिकाणी तेल असेलच तर ते अमुक अमुक ठिकाणी सापडण्याची शक्यता जास्तीत जास्त आहे. म्हणून

त्या ठिकाणी तेलविहीर खोदावी अशी भूतेल-शास्त्रज्ञ शिफारस करतात. अशा-तऱ्हेने विचारपूर्वक निश्चित केलेल्या जागी विहीर खोदल्यावर त्यामध्ये तेल लागते का ? ह्याचे उत्तर तेल लागतेच असे नाही.

तेल लागण्याचा संभव जास्तीत जास्त ज्या ठिकाणी असेल तेथे मग विहीर खोदण्याचे निश्चित केले जाते. परंतु भूशास्त्रज्ञांनी जागा निश्चित करणे व प्रत्यक्षात विहीर खणणे ह्यामध्ये पुष्कळ टप्पे आहेत. त्यापैकी काही टप्पे बरेच दगदगीचे व खर्चाचे असतात. जंगलात किंवा दलदलीच्या जागी तेल सापड-ण्याचा संभव आहे, असे ठरल्यानंतर त्या जागी जाण्यासाठी रस्ते, पूल, यंत्राच्या वाहतुकीसाठी आगगाडीचे रूळसुद्धा घालावे लागतात. त्यानंतर त्या ठिकाणी अवजड यंत्रसामुग्री आणणे, कामगार, तंत्रज्ञ व शास्त्रज्ञ ह्यांची राहण्याची, जेवणाखाण्याची, औषधपाण्याची सोय वगैरे सर्व व्यवस्था करावी लागते. एवढे सारे केल्यावर विहिरीचे खोदकाम सुरू होते. ह्या कामाला कित्येक महिने लागतात. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली तीन-चार कि. मी. जावे लागते. काही वेळा एवढे श्रम केल्यावरही तेल हाती येत नाही. खोदकामाचा सारा खर्च फुकट जातो. नंतर दुसरी एकादी जवळपासची जागा निश्चित करून तेथे पुन्हा विहीर खोदावयाला सुरवात करतात. तेथे तेल सापडले तर उत्तम. नाहीतर पुन्हा प्रयत्न. शेवटी पूर्ण निराशासुद्धा केव्हा केव्हा पदरी येते.

खनिज तेलाचा शोध म्हणजे साधीसुधी गोष्ट नव्हे. त्यासाठी तंत्रज्ञांचे कौशल्य, ज्ञान व विविध अनुभव, अमाप चिकाटी, दुर्दम्य आशावाद आणि त्याचबरोबर पैशाचे भरपूर पाठबळ ह्यांचा सुखसंयोग झाला पाहिजे. त्यानंतरच तेल संशो-धनाला सुरवात करावी लागते. हा सारा खटाटोप म्हणजे डोंगर पोखरून उंदीर बाहेर काढणे असे साहजिकच कोणालाही वाटेल. उंदराचे निवासस्थान शोधा-वयाला सबंध डोंगर पोखरावा लागतो, हे खरे; पण तो उंदीर हिरेमाणिकांचा असल्यास डोंगर पोखरणेही परवडते. ते फायदेशीर ठरते. तेल शोधनाचा मार्गही असाच आहे.

भूतेलशास्त्रामध्ये प्रगती बरीच झालेली आहे. तरीपण तेलसंचय अचूक हुडकून काढणे बरेच अवघड आहे. अमेरिकेसारख्या प्रगत देशाची काही

वर्षांपूर्वीची आकडेवारी उद्‌बोधक ठरेल. अमेरिकेतील १९३८ ते १९४३ मधील सरासरीचे आकडे :

कोष्टक क्र. ३.१

	विहीर खोदण्यासाठी आधारभूत पद्धती		तेल लागण्याचे सरासरी प्रमाण
१.	भूशास्त्रीय ज्ञानाचा उपयोग न करता केलेले प्रयत्न	..	२० मध्ये १
२.	केवळ भूशास्त्रीय पद्धती	..	६ मध्ये १
३.	केवळ भूभौतिक शास्त्रीय पद्धती	..	५ मध्ये १
४.	भूशास्त्रीय व भूभौतिक शास्त्रीय ह्यांची समन्वय करणारी पद्धती	..	४½ मध्ये १

ह्यामध्ये अलिकडच्या काळामध्ये काही सुधारणा झालेली आहे. तरीपण शेकडा २५ ते ३० टक्के एवढे यश सामान्यत: उत्तम मानले जाते. परंतु मध्य-पूर्वेकडील काही देश खनिज तेल समृद्ध असल्यामुळे तेथे भूशास्त्रज्ञांनी केलेले अंदाज पुष्कळच बरोबर असतात असा अनुभव आहे.

समुद्राखाली तेल शोधन

ह्याविषयीचे तंत्र काहीसे वेगळे असल्यामुळे त्याचा स्वतंत्र विचार करणे सोयीचे आहे. खोल समुद्रामध्ये तेलाचा शोध घेणे व तेथून तेल बाहेर काढणे ह्या दोन्ही गोष्टी असाध्य आहेत. परंतु किनारपट्टीजवळचा समुद्र उथळ असल्यामुळे त्या भागाचा तेल संशोधनासाठी उपयोग करता येतो. प्रत्येक भूखंड व समुद्र ह्यांच्या सीमारेषेवरील समुद्राचा पट्टा उथळ असतो. ह्यालाच 'समुद्र-बूड भूपट्टी' (continental shelf) असे म्हणतात. एके काळी ही भूपट्टी समुद्राच्या बाहेर होती. परंतु समुद्राचे पाणी वाढल्यावर समुद्राने भूमीवर आक्रमण केले आणि काही भूभाग समुद्राखाली गेला. परंतु ह्या समुद्र-बूड भूपट्टीची भूशास्त्रीय रचना व खडकांची वैशिष्टये लगतच्या जमिनीची असतात तशीच असतात. त्यामुळे जमिनीखाली तेल असते तसाच तेलसंचय समुद्राखालच्या ह्या भूपट्टीतही असणे संभवनीय आहे. पाण्यात बुडालेला भूमीचा पट्टा सामान्यत: उथळ असतो व त्याला बेताचा उतार असतो. परंतु ही भूपट्टी संपली म्हणजे मात्र समुद्राची खोली एकाएकी तीन कि.मी. किंवा त्यापेक्षाही जास्त होते व समुद्राचा तळ लागतो. ह्या पट्ट्याची रुंदी साधारणत: ४८ कि.मी. च्या जवळपास असते. काही ठिकाणचे भूमीतील तेलसंचय रोडावत

चालल्यामुळे तेल शोधकांची दृष्टी भूमीनजिकच्या ह्या समुद्रपट्टीवर गेली असल्यास नवल नाही. दुसऱ्या महायुद्धानंतर समुद्र-बूड पट्टीच्या संशोधनाला विशेष महत्त्व प्राप्त झाले. मेक्सिकोचे आखात व कॅलिफोर्निया येथे समुद्र-बूड भूपट्टी ह्यामध्ये मोठ्या प्रमाणावर तेलाचे उत्पादन चालू आहे. त्याचप्रमाणे कॅस्पिअन समुद्र, इराणचे आखात या ठिकाणी ह्या दृष्टीने यशस्वी प्रयत्न झालेले आहेत.

समुद्र-बूड भूपट्टीमध्ये नेमके तेल कोठे सापडेल हे शोधण्यासाठी भूशास्त्रीय पद्धती अपुरी पडते म्हणजे खडक प्रत्यक्ष पाहता येत नाही. भूभौतिक शास्त्रीय उपकरणे व साधने वापरून जमिनीखालील भूरचना जशी ठरवितात त्याचप्रमाणे समुद्राखालील भूरचना ठरविण्यात येते. भूभौतिक शास्त्रीय उपकरणे पाण्याखाली सोडून त्यांचे दुरून नियंत्रण करता येते. उपकरणांवरील नोंदीची माहिती भूपृष्ठावर विद्युत्यंत्राच्या साहाय्याने किंवा ' इलेक्ट्रॉनिक ' यंत्राच्या साहाय्याने आणता येते. अशातऱ्हेने बऱ्याच भागाची माहिती मिळाल्यावर भूशास्त्रीय-दृष्टया तेलविहिरी खोदण्याला कोणती जागा अनुकूल आहे हे ठरविण्यात येते.

भारतामध्ये पण ह्या दृष्टीने नुकतेच प्रयत्न चालू झाले आहेत. खंबायतच्या आखातामध्ये व मुंबईच्या किनाऱ्यानजिक समुद्राखालील तेल शोधण्याचे प्रयत्न चालू झालेले आहेत.

एवढ्या विविध प्रकारे जमिनीची भूशास्त्रीय पाहाणी झाल्यावर संभाव्य तेलासाठी प्रत्यक्ष विहिरीच्या खोदकामाला सुरवात कशी करतात ते पाहू.

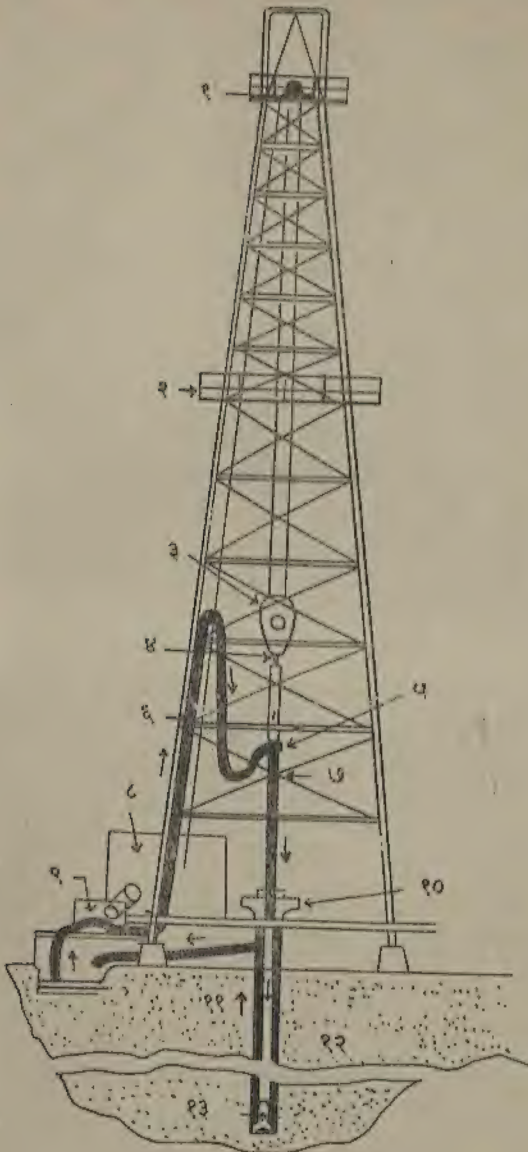
तेलाच्या विहिरी

विहिरी खोदण्याचे तंत्र तसे जुनेच आहे. पाण्यासाठी विहिरी खोदणे अगदीच सोपे नसले तरी सर्वांच्या परिचयाचे आहे. परंतु ह्या विहिरी सामान्यतः उथळ म्हणजे १५–२० मीटरपेक्षा क्वचितच जास्त खोल असतात. त्यापेक्षाही खोल विहिरी खोदण्याचे तंत्र दोन हजार वर्षांपूर्वीच चीन ह्या देशामध्ये विकसित झाले असल्याचे आढळून येते. एक हजार वर्षांपूर्वीच मिठासाठी खारट पाण्याच्या विहिरी १,१५० मीटर (२,५०० फूट) खोल खोदल्याची नोंद आहे. (समुद्र-किनाऱ्यापासून फार दूर असणाऱ्या प्रदेशांना मीठ मिळविण्यासाठी किती कष्ट

करावे लागतात ह्याची कल्पना येते.) हे सारे अगदी सामान्य अवजारे वापरून व केवळ बाहूबळाचा उपयोग करून होत असे.

प्रथमच तेलासाठी विहीर १८५९ साली खोदावयाची असे ठरले तेव्हाही अमेरिकेचे कर्नल ड्रेक ह्यांनी हेच तंत्र वापरले. जवळ जवळ १९ व्या शतकाच्या अखेरपर्यंत, एवढेच काय तर जवळ जवळ १९२० सालापर्यंत हेच तंत्र होते. ह्यालाच 'समाघात' (percussion) तंत्र असे म्हणतात. हे तंत्र म्हणजे आहे तरी काय? हे समजण्यासाठी आपण सर्वांच्या परिचयाचे साधे उदाहरण घेऊ.

आपण जमिनीमध्ये भोक पाडण्यासाठी जड पहार वापरतो. त्याचे तंत्रही तेच आहे. एक टोकदार व जड अशी पहार मजूर उचलतो व जमिनीवर सरळ उभी मारतो. पहारीच्या वजनाने जमिनीवर आघात होऊन पहारीचे टोक जमिनीमध्ये जाते. मजूर परत पहार उचलतो आणि त्याच ठिकाणी पुन्हा मारतो. आपल्याच वजनाने ती पहार आणखी खोल जाते. मजूराचे श्रम फक्त पहार उचलण्यासाठी तेवढे लागतात. जास्त जास्त खोल भोक होत जाते, ते पहारीच्या वजनामुळे. पहारीचे वजन जेवढे जास्त तेवढे जास्त लवकर भोक खोल होत जाते. पहारीचा आकार मोठा केल्यास जमिनीमधील भोकाचा आकार मोठा होईल. ह्यामध्ये पहारीचे वजन एका मजुराला उचलेल एवढेच असू शकते. ह्यामध्येही एक मर्यादा पडते. परंतु ही मर्यादा ओलांडावयाची म्हणजे जास्त व मोठी पहार वापरावयाची तर त्यासाठी काय करता येईल? विहिरीतून पाणी काढण्यासाठी कप्पी वापरतात. हे पुष्कळांना माहीत आहे. त्याचप्रमाणे समजा, आपण रुंद पहारीचे वजन १० पट केले व ती जड पहार तारांचे दोरखंड वापरून कप्पीवरून खाली सोडण्याची सोय केली. १० मजूर लावून ती पहार आरंभी वर खेचून उंच वर आल्यावर एकदम खाली सोडून दिली तर ती दसपट जोराने जमिनीवर आदळेल व जमिनीमध्ये जास्त खोल जाईल. हीच क्रिया पुन्हा पुन्हा करीत राहिल्यास जमिनीतील भोक रुंद होईलच व शिवाय भोकाची खोली वाढेल. आणखी कामगार, आणखी कप्प्या व कामगारांचे श्रम वाचविणाऱ्या कप्प्यांच्या निरनिराळ्या रचना, पहारीची रुंदी व वजन त्याचप्रमाणे उंची ह्यामध्ये सतत वाढ केल्यास चांगलीच खोल, रुंद विहीर तयार होईल. मजुरांची संख्या वाढविली म्हणजे झाले. खोल जाणारी रुंद, वजनदार, उंच म्हणजेच जास्त लांबीची पहार

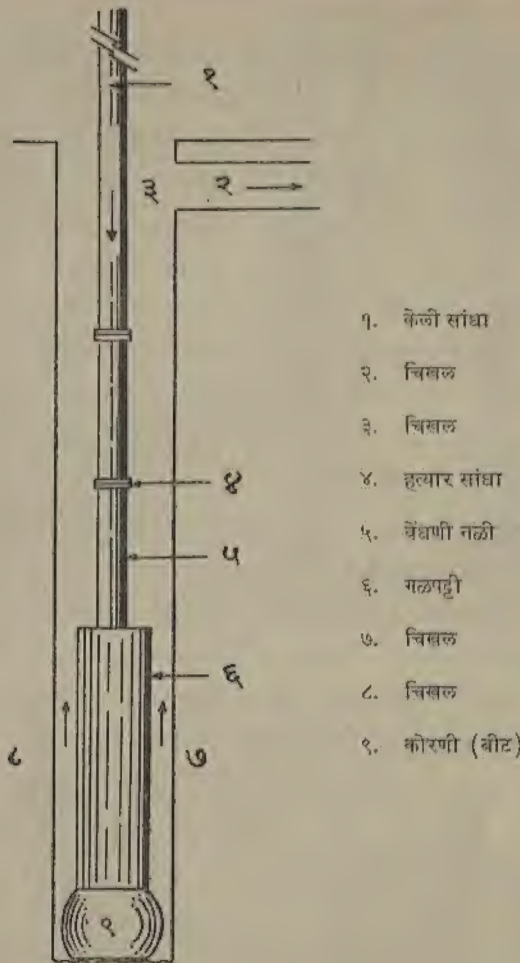


१. क्राउन ब्लॉक
२. मंच
३. कप्पी
४. आकडा
५. फिरकी
६. चिखल नळ
७. केली
८. खेचणारी यंत्रणा
९. चिखल पंप
१०. घूर्णनी यंत्र
११. वेधणी नळी
१२. वेष्टनिका
१३. कोरणी (बीट)

डेरिक व घूर्णनी वेधणी

वर उचलावयाची म्हणजे कप्पी ठेवण्याची जागा उंच करावयाला पाहिजे. त्यासाठी एकादा उंच मंच किंवा उंच मनोरा उभा करावा लागतो. त्यालाच डेरिक (derrick) असे म्हणतात. पूर्वी हा मनोरा लाकडी असे. आता तो लोखंडी खांब व उभ्या आडव्या लोखंडी पट्ट्या वापरून उघडा मनोरा बनवितात. ह्याची उंची ४२ मीटर पर्यंत असते, म्हणजे साधारण १०–१२ मजली इमारतीच्या उंचीएवढी. विहीर जेवढी जास्त खोल तेवढी पहारीची लांबी, रुंदी व वजन जास्त. एवढे मोठे वजन जमिनीतून बाहेर काढणारे लोखंडी दोरखंड किंवा तारखंड (लोखंडी तारांना पीळ देऊन बऱ्याच लहान तारा एकत्र जोडून दोरखंडाप्रमाणे तारखंडाची लांबी वाटेल तेवढी, म्हणजे शेकडो मीटर वाढविता येते. तारखंडामध्ये लोखंडाची मजबुती व दोरखंडाचा लवचिकपणा हे गुण असतात). तारखंड बरेच लांब व मजबूत असावे लागते. विहिरीच्या वाढत्या खोलीबरोबर पहार वर उचलण्यासाठी जोडलेले तारखंड पुष्कळच लांब असावे लागते. ह्यामध्ये श्रमाची कामे पूर्वी मजूर करीत असत. परंतु १९ व्या शतकानंतर हे काम इंजिन यंत्रे करू लागली. पहारीचे उदाहरण भूमिछेदन कसे करतात हे समजण्यासाठी दिलेले आहे.

कार्य तेच असले तरी जमिनीमध्ये छेदन करण्यासाठी आघात करणारी पहार ही आपल्या नेहमीच्या पहारीहून बरीच निराळी असते. तरीपण कार्याचे स्वरूप तेच. टोकदार वजन उंच मनोऱ्यावरून तारखंडाने वर उचलणे व एकदम खाली सोडून देणे हेच ते तंत्र. अणकुचीदार टोक असलेला पोलादी भाग वजनदार लोखंडी दांड्याला जोडलेला असतो. सारखा आदळल्यामुळे, पोलादी भागाचे अणकुचीदार टोक बोथट होते. त्यानंतर छेदनकार्य होत नाही. त्यावेळी तो बोथट भाग काढून टाकून, त्या जागी तसाच दुसरा अणकुचीदार भाग जोडण्यात येतो. भूमीछेदन क्रियेमध्ये माती, खडकाचा भुसा, तुकडे वगैरे भोकामध्ये जमा होतात. ते सर्व बाहेर काढण्यासाठी मोठी, रुंद, पोकळ नळी भोकामध्ये सोडतात. पोकळ नळी तळापर्यंत पोचल्यावर नळीच्या खालील टोकावर मुद्दाम ठेवलेली झडप बंद होण्याची योजना असते. नळीमध्ये अडकलेली माती व खडकाचे तुकडे नळी बाहेर काढल्यावर नळीबरोबर बाहेर काढता येतात. अशातऱ्हेने भोकामध्ये साचलेली माती, भुसा वगैरे बाहेर पृष्ठभागावर



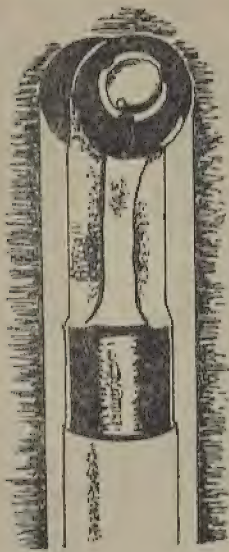
वेधण्याची पद्धत

येऊन भोकाची जागा साफ होते. भोक तयार झाल्यावर आजूबाजूची माती कोसळून आत पडू नये किंवा माती-खडकामधील पाणी झिरपून भोकामध्ये साचू नये म्हणून भोकाच्या आकाराचा व लांबीचा नळ आत सोडून भोकाचे चारी बाजूंनी संरक्षण करतात. त्यानंतर भोक पाडणाऱ्या पहारीचा आकार थोडा

लहान करून वरीलप्रमाणेच छेदनकार्य पुढे चालू राहते. आतील माती, चिखल, गाळ काढणे वगैरे करून भोकाची खोली विशिष्ट अंतरापर्यंत गेली म्हणजे पुन्हा एकदा किंचित कमी परीघाचा, भोकाच्या आकाराचा नवीन नळ आत सोडून तो पूर्वीच्या नळाला व्यवस्थितपणे घट्ट जोडला जातो. त्याच्या पुढील टप्प्यामध्ये परत थोड्या लहान परीघाची पहार घेऊन भूमीछेदन चालू होते. शेवटी तेल सापडेपर्यंत हा कार्यक्रम सतत चालू राहतो. त्यामुळे भोकाचा परीघ टप्प्याटप्प्यांनी कमी होत जातो. भोकाच्या प्रत्येक टप्प्यावर क्रमाक्रमाने लहान लहान परीघाचे नळ बसवून भोकाचे किंवा विहिरीचे संरक्षण करणे असे शेवट-पर्यंत करावे लागते. अशात-हेने पृष्ठभागावर बरीच रुंद दिसणारी तेल विहीर लागते त्या ठिकाणी बरीच अरुंद होते, ह्याचे कारण आता स्पष्ट होईल. उदाहरणार्थ पृष्ठभागावर ४० सें.मी. रुंदीची विहीर हजार मीटर खोलीवर कमी कमी होत अवघी १५ सें. मी. होते.

अलीकडे म्हणजे विशेषत: पहिल्या महायुद्धानंतर ही ' समाघात ' पद्धती मागे पडली. तेलाची मागणी एवढी वाढली की जास्त विहिरी व जास्त खोल विहिरी खोदल्याशिवाय वाढती गरज भागविता येणार नव्हती. समाघात पद्धतीच्या खोल विहिरीच्या बाबतीत व सर्वसाधारण कार्यक्षमता ह्यामधील मर्यादा लक्षात घेता हे अटळ होते. त्याचा उपयोग आता फक्त उथळ विहिरी खणण्यासाठी किंवा जमीन फार घट्ट नसली तरच करण्यात येतो.

दुसऱ्या पद्धतीमध्ये जमिनीवर आघात न करता जमिनीतील माती, खडक गिरमीटसारख्या यंत्राने खरडून किंवा कोरून काढतात. ह्या पद्धतीमध्ये थोड्या दाबाखाली गिरमीटसारखे फिरत ठेवण्याची सोय करावी लागते. सुतार लाकडामध्ये लहान मोठे गिरमीट किंवा ड्रील फिरवून लाकडामध्ये हव्या तेवढ्या आकाराची भोके पाडतो, तोच प्रकार येथे असतो. गिरमीटाच्या टोकाला जमीन किंवा खडक खरवडून काढण्यासाठी धारदार पाते लागते. विहीर खोल होत जाईल त्याप्रमाणे एक पोकळ नळी घेऊन तिच्या टोकाला धारदार मजबूत पाते असलेला भाग जोडण्यात येतो. जमीन कोरून कोरून विहीर खोल होत जाईल त्याप्रमाणे नळी खाली जाते. हे धारदार पाते चांगलेच मजबूत व तीक्ष्ण असले तरच ' ग्रॅनाइट'सारखा किंवा त्यापेक्षाही जास्त कठीण खडक पोखरता येतो.

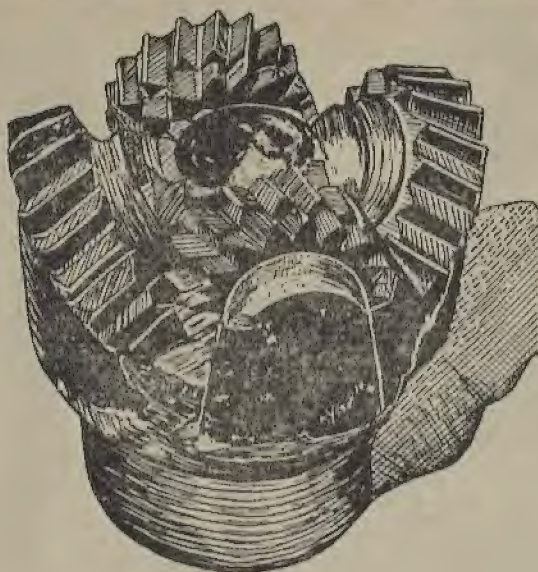






कोरणीचे प्रकार (Bits)

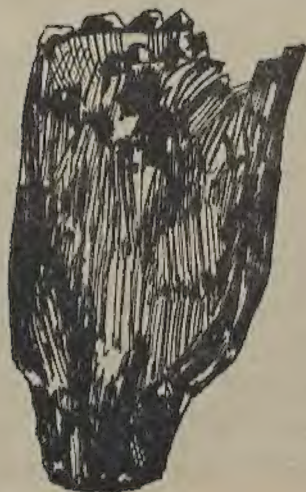
नळीला जोडलेल्या पाती असलेल्या भागाला 'बीट' (bit) म्हणतात. त्याला 'कोरणी' किंवा वेधणी असेही म्हणता येईल. हा बीट किंवा ही कोरणी दोन प्रकारची असते. एक म्हणजे धारदार पाते असलेला भाग नळीला एकदम पक्का जोडलेला असतो व तो नळीबरोबर सारखा फिरत राहिल्याने खडक पोखरला जातो. परंतु ह्यापेक्षाही कार्यक्षम म्हणजे दुसऱ्या प्रकारचा बीट. ह्यामध्ये करंजी कापायच्या कोरण्याप्रमाणे मध्यभागी बॉलबेअरिंगवर बसविलेली ही रचना शेवटी नळीला जोडतात. नळी फिरत फिरत असताना खडक कोरणारा भाग सारखा गोल फिरत राहून कोरणीचा नवीन नवीन अणकुचीदार भाग पुढे येतो व जमीन व विशेषत: खडक कोरण्याचे काम जास्त प्रभावाने होते. खडक फारच घट्ट असला तर फिरत्या गोलाकार कोरण्यांची कार्यक्षमता वाढावी म्हणून त्यांना हिरकण्यासुद्धा बसविलेल्या असतात. नळीला कोरणे एकदा बसविले की ते सतत काही दिवस काम करते. त्यानंतर ते बोथट होते किंवा त्याचे तुकडे पडतात. त्यावेळी कितीतरी मीटर खोल गेलेली लांब नळी वर उचलावी लागते. पृष्ठभागावर आलेल्या नळीच्या टोकाला पुन्हा नवीन कोरणी बसवावी



कोरणीचे प्रकार



नवीन कोरणी



झिजलेली कोरणी

लागते. ह्याला बराच वेळ लागतो. केव्हा केव्हा तर खडक फारच घट्ट असला तर काही तासातच कोरणी निकामी होते. मग ती बाहेर काढणे, नवीन बसविणे व परत विहिरीमध्ये सोडणे ह्या सर्व कामाला काही दिवस लागतात.

धारदार किंवा टोकदार पात्यांकडून कोरण्याचे काम चालू असताना एक दोन गोष्टींचे अवधान ठेवावे लागते. कोरण्यामुळे विहिरीच्या भोकाच्या तळाला तयार होत असलेला खडकाचा भुगा, कपच्या व तुकडे तेथून बाहेर काढून ती जागा मोकळी करावी लागते. ह्या कामाबरोबरच दुसरी एक अडचण लक्षात घ्यावी लागते. खडक कोरण्याच्या कामामध्ये कोरणी घर्षणामुळे भयंकर तापते. उत्पन्न झालेल्या तीव्र उष्णतेमुळे पोलाद व इतर धातूचे भाग मऊ होतात व कोरणीची कार्यक्षमता जवळजवळ नाहीशी होते. हे सर्व टाळण्यासाठी कोरणी ज्या ठिकाणी चालू असेल त्या ठिकाणी थंड पाण्याचा किंवा काहीतरी थंड पदार्थाचा फवारा पडत असला तर उष्णता फवाऱ्याच्या प्रवाहाबरोबर निघून जाईल. कोरणी थंड राहून तिची कार्यक्षमता अबाधित राहील.

चिखलाचे कार्य

हे दोन्ही हेतु साध्य करण्यासाठी कोरणी जोडलेल्या पोकळ नळीतून बऱ्याच दाबाखाली मऊ चिखल खाली सोडला जातो. हा चिखल तळाला पोचतो तेव्हा घर्षण कमी होते व कोरणारी यंत्रे थंड राहतात. शिवाय खडक कोरीत असताना निघालेला खडकाचा भुसा व लहान तुकडे किंवा खडकाचे ढलपे चिखलामध्ये चिकटून बसतात. दाबाखाली नळीतून विहिरीत सोडलेल्या चिखलाचे पुढे काय होते? कोरणी जोडलेल्या नळीच्या बाहेर विहिरीमध्ये दुसरा मोठा नळ बसविलेला असतो. त्यामुळे विहिरीचा तयार झालेला भाग कोसळत नाही. तो सुरक्षित राहतो. हे पूर्वीच आलेले आहे. ह्या दोन नळयांमध्ये जी जागा असते त्या जागेतून खाली गेलेला चिखल वर येतो. वर आलेला चिखल योग्य आकाराच्या चाळणीने गाळला जातो. गाळण्यावर खडकाच्या कपच्या किंवा ढलपे राहतात व चिखल खाली पडतो. तो चिखल पुन्हा वापरता येतो. ही प्रक्रिया सारखी चालू असते. चिखल हा मुख्यत: माती व काही रसायने ह्यांच्यापासून बनविलेला असतो. गरजेप्रमाणे त्यामधील घटकांमध्ये फेरबदल करतात. हा

चिखल पूर्वी सांगितलेली कार्ये करतोच. त्याशिवाय त्याचा दाब व त्याचे वजन ह्यामुळे विहिरीतून आपोआप बाहेर येणारा तेलप्रवाहाचा जोर हिशेबापेक्षा जास्त असेल तर त्याला विरोध करण्यासाठीमुद्धा वापरता येतो.

चिखल गाळल्याबर गाळण्यावर राहिलेले खडकाचे तुकडे भूशास्त्रज्ञाकडे तपासणीसाठी पाठविण्यात येतात. खडकांची बारकाईने तपासणी करून भूशास्त्रज्ञांना खडक कशा प्रकारचे आहेत, त्यांची रचना कशा प्रकारची आहे वगैरे माहिती मिळते व त्यांना तेल लागण्याच्या शक्यतेविषयी अंदाज बांधता येतो.

विहिरीची खोली वाढू लागली की, नव्या गुंतागुंतीच्या समस्या निर्माण होतात. ड्रिल किंवा कोरणी खाली खाली जात असताना केव्हातरी खडकाच्या घट्टपणामुळे कोरणीलाच वाकडा तिकडा दाब बसून, कोरणीच वाकडी होते. केव्हा केव्हा तिचे तुकडे पडतात. एवढेच काय तर कोरणी खाली नेणारी नळीपण वाकडी तिकडी होते किंवा तिचे तुकडे पडतात. मोडतोड झालेला नळीचा व कोरणीचा भाग एवढ्या खोल जागेवरून वर काढणे हे काम फारच दुर्घट असते. पावसाने भरलेल्या खोल विहिरीत दोर सोडून पडलेली घागर वर काढण्यासाठी वेग-वेगळ्या आकाराचे आकडे-गळ असतात. तशाच प्रकारची पण थोडी निराळी साधने वापरून मोडतोड झालेले भाग वर काढावे लागतात. हे कार्य यशस्वी झाले तर नवीन साहित्य घेऊन पूर्वीचे कार्य पुढे चालू ठेवता येते. परंतु अपयश आले तर मात्र मोठीच आपत्ती कोसळते. म्हणजे ती विहीर रद्द करावी लागते. शेजारी मग दुसरी विहीर खोदण्याला पहिल्यापासून सुरुवात करावी लागते.

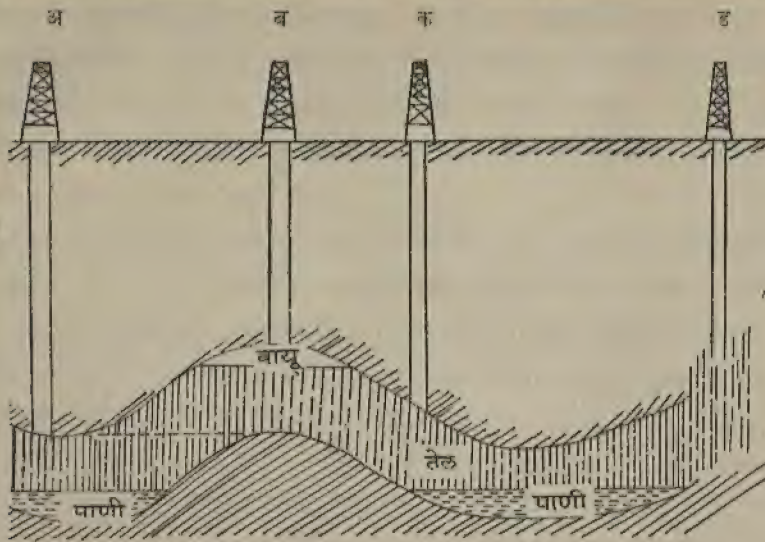
विहीर खोदण्याच्या कामामध्ये पुष्कळवेळा दुसरी एक अडचण येते. ती अडचण म्हणजे कोरणीमुळे निघणारे भोक अगदी सरळ खाली शेवटपर्यंत ओळंब्यामध्ये असेलच असे नाही. ५०–६० मीटर खोल गेल्यावर ओळंबारेषेला थोडा जरी कोन झाला तरी विहीर बरीच खोल गेल्यावर वरच्या बिंदुपासून कित्येक मीटर ती बाजूला सरकलेली आढळते. ही चूक टाळावयाची तर ज्या ठिकाणी विहिरीचा मार्ग तिरपा झाला तेथे तो मार्ग सीमेंटच्या ठोकळ्याने बंद करतात व पुन्हा सरळ रेषेत खोदकाम सुरू करतात, केव्हा केव्हा मात्र विहिरीचे भोक हेतुपुरःसर तिरपे काढले जाते. ह्याबद्दल पुढे विचार होईलच.

आतापर्यंत सामान्यत: सर्वत्र रूढ अशा दोन पद्धतींबद्दल विचार झाला. त्याशिवाय आणखी एक-दोन नवीन पद्धती आहेत. त्याबद्दलचे प्रयोग रशियामध्ये यशस्वी झालेले आहेत. त्या पद्धती जास्त कार्यक्षम व कमीत कमी वेळात जास्त खोल खोदकाम करू शकतात असा त्याबद्दल रशियन तंत्रज्ञांचा दावा आहे.

ह्यापैकी एक पद्धत म्हणजे 'टर्बो' कोरणी (turbo drilling). गिरमीटाप्रमाणे चक्राकार फिरणाऱ्या कोरणीऐवजी ही वापरण्यात येते. धारदार पात्यांना जोडलेली नळी पृष्ठभागावरील गोलाकार फिरणाऱ्या चाकामुळे फिरते व वेधणे किंवा जमीन कोरणे चालू होते हे आपल्याला माहीत आहे. परंतु ह्या नवीन पद्धतीमध्ये पृष्ठभागावर फिरणारे चक्र नसते. नळीला जोडलेली कोरणी आतल्या आत गोल फिरत राहवी व जमीन कोरण्याचे काम व्हावे अशी व्यवस्था असते. ही व्यवस्था म्हणजे पवनचक्की जशी वाऱ्याने फिरते किंवा पाणचक्की जशी फिरते तशासारखीच ही कल्पना आहे. तयार होत असलेल्या विहिरीमध्ये फार दाबाखाली पातळ चिखल, पाण्याची वाफ किंवा हवा सोडतात. प्रवाह जोराने नळीच्या टोकाला असलेल्या फिरत्या अडणीवर आदळतो व ती सारखी फिरत राहून कोरणीला गोल गती मिळते व त्यामुळे कोरणी सारखी फिरत राहते. अर्थातच हे 'टर्बो' तंत्र सामान्यत: ३,००० मीटर खोलीपर्यंत यशस्वीरीतीने वापरता येते. त्यापेक्षा खोल विहिरींसाठी मात्र पूर्वीचेच गिरमीटासारखे पृष्ठभागावर चक्र फिरवून गोल गती देण्याचे तंत्र सोयीचे असते.

दुसरे अभिनव तंत्र म्हणजे, कोरणी सारखी फिरत राहवी ह्यासाठी विद्युतशक्ती वापरण्याचे तंत्र ह्यासाठी वापरावयाच्या कोरणीला 'विद्युत' कोरणी (electric drill) असे म्हणतात. हे तंत्र रशियामध्ये प्रयोगावस्थेच्या पुढे गेले आहे. ह्या तंत्राबद्दल फार मोठ्या अपेक्षा निर्माण झाल्या आहेत.

भूपृष्ठाखाली तेल असूनही पुष्कळ वेळा योग्य जागी विहीर खोदण्यात आली नाही तर थोडक्यात तेल हातचे निसटते. पुढील आकृतीवरून तेल विहिरीला कोणती जागा यशदायी ह्याची कल्पना येईल.



'अ' ह्या ठिकाणी विहिरीला तेल लागेल. 'क' ह्या ठिकाणी तेल जोराने बाहेर येईल. 'ब' ह्या ठिकाणी नैसर्गिक वायू सापडेल तर 'ड' ह्या ठिकाणी काहीच मिळणार नाही. योग्य जागेची निवड भूभौतिक शास्त्राच्या मदतीने करता येते.

सरळ ओळंब्याच्या रेषेमध्ये विहिरी असणे सामान्यत: आवश्यक असते व त्यासाठी हेतुपूर्वक प्रयत्न करावे लागतात हे पूर्वीच आलेले आहे. परंतु केव्हा केव्हा तिरकस भोकाची विहीर खोदणे म्हणजेच डायरेक्शनल ड्रिलींग (directional drilling) हे फायद्याचे असते. उदाहरणार्थ ज्या ठिकाणी तेल सापडण्याचा जास्तीत जास्त संभव आहे पण बरोबर त्याचठिकाणी मनोरा किंवा मच बांधणे जमिनीच्या परिस्थितीमुळे शक्य नसते. अशा वेळी नजिकच सोयीच्या जागी मंच उभारून कोरणीला किंवा वेधणीला थोडासा कोन देऊन खोदकाम केल्यास ती तिरकस किंवा वाकडी विहीर तेलापर्यंत पोचेल व उद्दिष्ट साध्य होईल. याच तंत्राचा फायदा समुद्रबूडपट्टीमध्ये तेल असल्यास म्हणजे तेल संचय किनाऱ्यापासून एक ते दीड कि.मी. दूर असला तरी भू-किनाऱ्यावरच मंच उभारून समुद्रबूडपट्टीखालील तेल बाहेर काढता येते. ह्या तिरप्या

वेधण्याच्या आणखी एका फायद्याचा विशेष निर्देश केला पाहिजे. एकाद्या विहिरीमध्ये तेल व वायू अनपेक्षितपणे लवकर लागतात. तेल व वायू ही जमिनी-मध्ये मोठ्या दाबाखाली असतात व त्यांना कमी दाब असलेले भोक मिळताच तेल-वायूचा मोठा फवारा अतिवेगाने एकदम वर उडतो. त्याचा जोर एवढा मोठा असतो की त्यामुळे मंच, यंत्ररचना वगैरे सर्वच उडून जाते. कामगारांना फारच मोठा धोका असतो. ह्याशिवाय तेल-वायू वाया गेल्यामुळे होणारे नुकसान पुष्कळच असते. अशाप्रकारे तेल-वायूचा जोरदार फवारा उडू नये म्हणून नळीच्या तोंडावर तोंड बंद करणारी मजबूत झडपे यंत्राने उघडणे किंवा बंद करण्याची व्यवस्था नेहमीच करण्यात येते. परंतु ही व्यवस्था अपुरी पडली किंवा अनपेक्षितपणे असा फवारा उडू लागला तर त्या विहिरीपासून काही अंतरावर एक तिरपी विहीर खणून ती पहिल्या विहिरीला जोडतात. ह्या तिरप्या विहिरीमधून जड चिखल दाबाखाली सोडला तर पहिल्या विहिरीचे तोंड बंद होते. अनपेक्षितपणे कोसळलेली आपत्ती टळते. असे हे तिरकस वेधण्याचे (directional drilling) फायदे आहेत.

तेल-क्षेत्र निश्चिती

निरनिराळ्या पद्धती वापरून एकदा का तेल लागले की, पुढील कार्यक्रम आखावा लागतो. तो म्हणजे तेल-क्षेत्र निश्चित करणे. तेल लागेल त्या पहिल्या विहिरीला 'शोधक विहीर' (discovery well) असे म्हणतात. ही विहीर खोदीत असताना मिळालेले खडकांचे नमुने व खडकांच्या रचनेविषयीची भूशास्त्रीय माहिती ह्यांच्या आधारे भूमिगत संभाव्य तेल संचय, त्याचा व्याप व विस्तार ह्यांचा अंदाज ठरवून साधारणतः तैल-क्षेत्र ठरवितात. ह्या क्षेत्रात कोठेही विहीर खोदली तरी तेल लागते म्हणून नवीन खोदलेल्या विहिरींना 'विकास विहिरी' (development wells) असे म्हणतात. पूर्वी अशा विहिरी जेवढ्या जास्त तेवढे तेल उत्पादन जास्त अशी समजूत होती. त्यामुळे काही जुन्या तैल-क्षेत्रामध्ये अगदी जवळ जवळ विहिरी खोदल्याचे आढळून येते. आता मात्र दोन विहिरींमधील अंतर वाढले आहे. ते अंतर अर्ध्या कि. मी.पासून दीड कि. मी.पेक्षाही थोडे जास्त असे अंतर राखले जाते. फार जास्त अंतर ठेवल्यास तेलाचे उत्पादन कमी होण्याचा संभव असतो. विहिरी खोदण्याचा खर्च

व जास्तीत जास्त तेल उत्पादनाचा संभव ह्यांचा मेळ घालूनच नंतर दोन विहिरींमधील अंतर ठरविण्यात येते. नवीन विहिरीतील खडकांचे स्वरूप व रचना ह्यावरून तेल संचयाचा सुधारीत अंदाज करण्यात येतो. त्यानंतर तेल उत्पादनाची योजना म्हणजे विहिरीतून तेल किती प्रमाणात म्हणजे कोणत्या वेगाने काढावयाचे हे निश्चित करण्यात येते.

तेलासाठी विहिरी खोदणे ही सर्वात जास्त खर्चाची बाब असते. शिवाय ह्यामध्ये तंत्रज्ञ व कामगार ह्यांना मोठा धोका पत्करून काम करावे लागते. त्या सर्वांचे कौशल्य, अनुभव, चिकाटी व एकजूट ह्या साऱ्या गुणांची तेथे कसोटी लागते. आधुनिक तेल विहिरींची वाढती खोली व त्यासाठी लागणारा खर्च ह्यांची कल्पना पुढील आकडेवारीने स्पष्ट होईल.

कर्नल ड्रेकची पहिली विहीर अवघी २१ मीटर खोल होती. परंतु त्यामध्ये आता पुष्कळच वाढ झाली आहे.

वर्ष	खोली
१९३० सालची सर्वात खोल विहीर ..	.. २७०० मीटर
१९३८ ,, ,, ,, ,, ..	.. ४५०० मीटर
१९४९ ,, ,, ,, ,, ..	.. ६००० मीटर
१९६८ ,, ,, ,, ,, ..	.. ७५०० मीटर

केवळ ३,००० मीटर खोल विहीर खोदावयाची तर त्याला साधारण ४०–५० लाख रुपये खर्च येतो. वाढत्या खोलीप्रमाणे हा खर्च आणखीच वाढतो. ३,००० मीटर खोल विहिरीसाठी ३५० टन वजनाचे नळ लागतात. २०० टन वजनाची डेरिक लागते व शिवाय ५०० ते १०,००० टन वजनाची विविध रासायनिक द्रव्ये लागतात.

समुद्रबूड भूपट्टीमध्ये तेलाचा शोध

समुद्र किनाऱ्यापासून दूर नाही अशा ठिकाणी उथळ पाण्यामध्ये तेलाचा शोध लावण्याचे तंत्र तसे जुने आहे. परंतु त्यामध्ये विशेष प्रगती झाली ती गेल्या २५ वर्षांतील आहे. दुसऱ्या महायुद्धानंतर तेलाच्या वाढत्या मागणीला तोंड

देण्यासाठी नवीन तैल-क्षेत्रे शोधणे भाग पडले. त्यामध्ये किनाऱ्यालगतच्या समुद्र-बूड भूपट्टीमध्ये तेलाचे उत्पादन ह्याचा विचार करणे जरूरीचे झाले. किनाऱ्या-पासून काही कि.मी. अंतरावर बराच मोठा तरंगता मंच उभा करावा लागतो. जणू काय छोटे बेटच. त्याची मजबूती चांगलीच असावी लागते. त्यावर सर्व साहित्य ठेवण्यासाठी ऐसपैस जागा, तंत्रज्ञ व कामगार ह्यांची जेवणाची व राहण्याची व्यवस्था, उपकरणांनी सुसज्ज प्रयोगशाळा, खारट पाणी ऊर्ध्वपातनाने गोड करणारी भट्टी, हेलिकॉप्टरचा तळ वगैरे सुखसोयींची योजना म्हणजे एक छोटीशी तरंगती वसाहतच. ह्या योजनेमध्ये पाऊस-पाण्यापासून संरक्षण तर आलेच, परंतु किनाऱ्यावर येणाऱ्या प्रचंड लाटांना तोंड देण्याचे सामर्थ्यपण त्यामध्ये असले पाहिजे. अशा ह्या समुद्रावरच्या स्वयंपूर्ण विशाल तरत्या मंचाला खर्चपण बराच येतो. तेल मिळेल ह्या आशेने किती प्रयत्न व किती खर्च करावा लागतो ह्याची कल्पना येईल. अशा प्रकारचे मंच किंवा प्लॅटफॉर्म कॅलिफोर्निया-मध्ये, कॅस्पिअन समुद्राच्या किनाऱ्याजवळ, व उत्तर सागर (नॉर्थ सी) व इतरत्र सध्या कार्य करीत आहेत. समन्वेषक सर्वेक्षणावरून भूपृष्ठापेक्षाही हे क्षेत्र जास्त फलदायी असल्याचे आढळून आले आहे. जगातील सर्व तेल उत्पादनाचा २० टक्के भाग तरी ह्या जलबूड भूपट्टीमधून मिळतो. एवढेच नव्हे तर ह्या क्षेत्रामधील तेल विहिरी भूपृष्ठावरील तेल विहिरींपेक्षा दसपट तरी जास्त तेलदायी असल्याचे आढळून आले आहे. समुद्रबूड भू-पट्टीमधून तेल काढण्याचे प्रयत्न जवळ जवळ ७० देशांनी केले असून, त्यापैकी २०–२५ देशांनी तेलाचे उत्पादनही सुरू केले आहे. समुद्रबूड भू-पट्टीमध्ये तेलासाठी विहिरी खोदण्याचे तंत्र भूपृष्ठावर वापरतात तशाच प्रकारचे असते. परंतु पाण्यामुळे आणखीच अडचणी निर्माण होतात. उथळ समुद्रातून तेल काढणाऱ्या देशांमध्ये भारताचा अंतर्भाव होईल अशी प्रसाद-चिन्हे दिसू लागली आहेत. प्रगत देशांच्या मानाने भारतामध्ये चाललेले प्रयत्न अगदीच नवीन आहेत. तथापि कच्छमध्ये, खंबायतच्या आखातामधील 'आलिया बेट' येथे व मुंबईच्या पश्चिमेला असे प्रयत्न चालू आहेत. त्यातील मुंबई नजिकच्या 'बॉम्बे हाय' ह्या क्षेत्रातील प्रयत्न निश्चित आशादायी आहेत. भूपृष्ठाखालील किंवा उथळ समुद्रातील तेलविहिरीमधून तेल भूपृष्ठावर आणणे हा पुढील कार्यक्रम होय.

तेल भूपृष्ठावर कसे येते

भूपृष्ठाखाली शेकडो मीटर खोल तेल असते. परंतु तेथे ते एखाद्या टाकीमध्ये, गुहेमध्ये किंवा रेतीमध्ये असते, असे म्हणणे बरोबर नाही. तेल असते रेतीच्या खडकांच्या किंवा चुनखडीच्या खडकांच्या छिद्रांमध्ये. छिद्रे एकमेकाला जोडलेली असतात, त्यामुळे छिद्रांतून तेलाचा, वायूचा किंवा पाण्याचा प्रवाह वाहू शकतो. तेलाचा थर लागल्यानंतर छिद्रातून तेल बाहेर काढणे व ते पृष्ठभागावर आणणे ही कामगिरी करावयाची असते. खनिज तेल किंवा नैसर्गिक वायू ही आरंभी तरी आपोआप वर येतात. भूपृष्ठाखाली शेकडो मीटर खोल अशा दगडाच्या वजनाखाली पाणी, तेल किंवा वायू ही फार दाबाखाली असतात. विहीर खोदल्यावर विहिरीच्या तळाला तुलनेने दाब अगदीच कमी असतो. त्यामुळे जास्त दाबाखाली असलेली प्रवाही द्रव्ये मूळच्या सच्छिद्र किंवा रेताड खडकातून निसटून कमी दाबाच्या विहिरीच्या तळाकडे येतात. तेल हे थोडे जाड व चिकट असल्यामुळे ही क्रिया थोडी मंद असते. त्यामुळे तेल बाहेर काढून घेणे बेताच्या वेगाने केले नाही तर तेल मागे राहून पाणी व वायू ही विहिरीतून बाहेर येण्याचा संभव असतो. जुन्याकाळी तेल बाहेर काढण्याचे तंत्र पूर्णपणे न समजल्यामुळे सामान्यत: सर्व तेल-संग्रहापैकी ४० टक्के तेल हाती आले तरी चांगले उत्पादन झाले असे मानीत असत. परंतु आता तेल बाहेर काढण्याचे तंत्र विकसित झाल्यामुळे तेल-संग्रहापैकी ८०–८५ टक्के तेल हाती येऊ लागले आहे.

तेल लागेपर्यंत विहीर खोदल्यानंतर काही वेळा तेल आपोआप पृष्ठभागावर येते. ते किती वेळ तसे येत राहील हे मुख्यत: दोन गोष्टींवर अवलंबून असते. तेलाचा कित्येक वेळा फवारा उडत असला तरी तेलाच्या फवाऱ्यावर नियंत्रण घालून मर्यादित तेल बाहेर येऊ देतात. त्यामुळे तेल किती प्रमाणात बाहेर काढले जाते व भूमीखाली तेलाचा दाब किती आहे, ह्या दोन गोष्टींचा विचार करून तेल आपोआप किती वेळ वर येत राहील हे ठरविता येते. भूमिगत तेल ज्या प्रमाणात बाहेर काढण्यात येते त्या प्रमाणात आतील तेलाचा दाब कमी होत जातो. काही काळानंतर विहिरीतून तेल वाहणे आपोआप थांबते. सामान्यत: २५ टक्के तेलाचा संचय अशा वाहत्या विहिरीमधून बाहेर पडतो. त्यापुढे तेल वर काढण्यासाठी, पुष्कळ तेल-क्षेत्रांमध्ये पंपयंत्रांचा आश्रय घ्यावा लागतो.

भूमीमध्ये तेलाचा दाब कसा तयार होतो ? खरे म्हणजे तेल पृष्ठभागावर कसे येते ह्याचा विचार तेलाचा संचय, वायू व पाणी ह्यांचा संचय ह्यांच्या संदर्भात केला पाहिजे. पूर्वीच सांगितल्याप्रमाणे भूमिगत खडकांमध्ये किंवा सच्छिद्र जागेमध्ये खाली पाणी, त्यावर तुलनेने हलके तेल व सर्वांत वर वायू अशी साधारणतः ह्या तीन द्रव्यांची विभागणी असते. तेलामध्ये वायू अल्प प्रमाणात विरघळतोच. वायूवर फारच दाब असला तर वायू विरघळण्याचे प्रमाण पुष्कळच वाढते. दाब कमी होताच दाबाखाली विरघळलेला वायू त्या द्रवातून बाहेर पडतो. ह्याचा अनुभव सोडा वाटरची बाटली फोडल्यावर म्हणजे उघडल्यावर आपल्याला येतो. पाण्यामध्ये विशेष दाबांखाली जास्त विरघळलेला कार्बन-डायॉक्साईड वायू दाब कमी होताच फसफसून बाहेर येतो. तसाच काहीसा प्रकार तेलाच्या बाबतीतही घडतो.

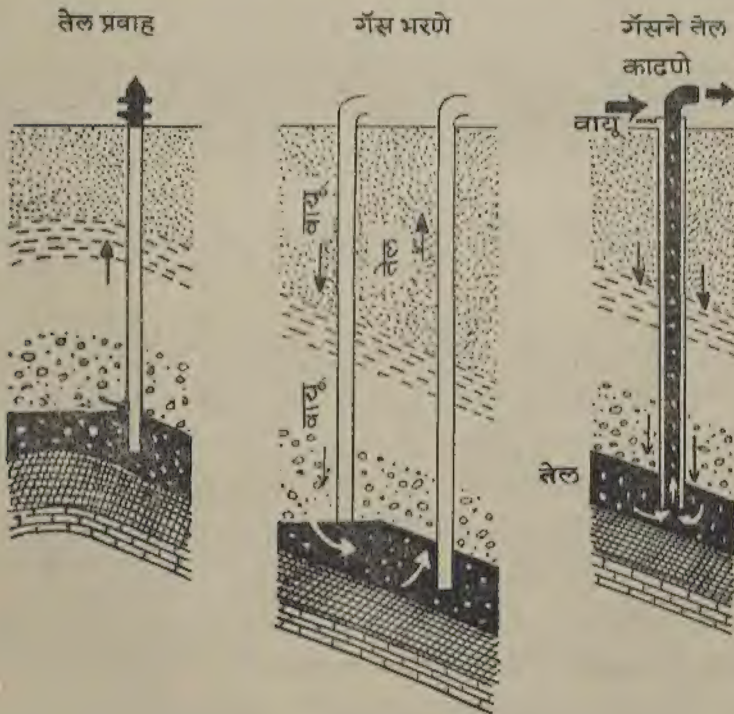
(१) पाण्याच्या दाबाचे कार्य.—विहिरीच्या तळाशी तुलनेने दाब एकदम कमी होतो. त्यामुळे दाबाखाली सच्छिद्र खडकामध्ये असलेले पाणी वर येते व वर येताना छिद्रात त्यावर असलेले तेल आणखीच वर उचलले जाते. तेल काढून संपेपर्यंत पाण्याचा दाब सारखे कार्य करीत असतो. परंतु ह्या ठिकाणी तेल मंदगतीने वर काढण्याची ही सावधगिरी राखली पाहिजे. नाही तर तेलाची जागा एकदा पाण्याने घेतली की जवळपासच्या खडकातील तेल बाहेर येणे थांबेल.

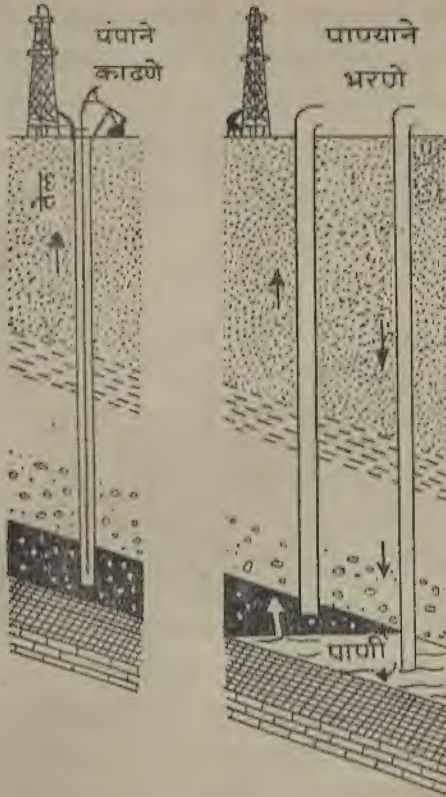
(२) सुटया वायूच्या दाबाचे कार्य.—पुष्कळ ठिकाणी तेलावर सुटया किंवा मोकळया वायूचा संचय असतो. विहिरीच्या तळाशी दाब कमी झाल्यावर दाबाखाली असलेला हा वायू प्रसरण पावतो. त्याला लागणारी जास्त जागा खडकाच्या छिद्रात अडकलेले तेल कमी दाबाकडे ढकलून मिळते. अशा तऱ्हेने विहिरीमध्ये तेल जमा होते. ह्या ठिकाणीसुद्धा तेल जास्त वेगाने काढले तर तेलाबरोबर वायूपण बाहेर येईल. त्यामुळे तेल उत्पादनाच्या प्रमाणावर मर्यादा घालावी लागते.

(३) विरघळलेल्या वायूच्या दाबाचे कार्य.—तेलावर साचलेला सुटा वायू नसला किंवा तेलाखाली पाण्याचा थर नसला तरीसुद्धा विरघळलेला वायू

विहिरीतून तेल वर लोटण्यास उपयोगी पडतो. जास्त दाबाखाली विरघळलेला वायू दाब कमी होताच आकाराने वाढतो. खडकाच्या छिद्रातील तेल पुढे ढकलून ती जागा वाढत्या आकाराचा वायू अडवितो. अशा ह्या दाबाचा प्रभाव बराच कमी असतो. त्यामुळे अशा प्रकारे वर येणारे तेल कमीच असते.

सामान्यपणे आरंभी विहिरीतून तेल आपोआप बाहेर पृष्ठभागावर येते. परंतु कालांतराने तेल वर आणणारा तेलाचा दाब कमी पडतो. अशावेळी नैसर्गिक वायू पुन्हा विहिरीत सोडला तर, त्याच्या दाबामुळे उरलेले तेल मोकळे होऊन बाहेर येते. शेवटी पंप वापरून तेल वर काढावे लागते. तेल मोकळे करून देण्यास नैसर्गिक वायू उपयोगी पडतो. त्याचप्रमाणे दाबाखाली पाणी विहिरीत सोडता आल्यास तेलाची जागा पाणी घेईल व तेल बाहेर पडेल. ह्यासाठी पाणी किंवा वायू





विहिरीच्या शेजारी दुसरी विहीर खणून त्यामधून दाबाखाली सोडून देतात. त्यामुळे विहिरीच्या आजूबाजूच्या खडकांमध्ये दाब निर्माण करता येतो. ह्या पद्धतीने मोकळे झालेले तेल शेवटी पंपाने बाहेर काढता येते. त्याची यथार्थ कल्पना सोबतच्या चित्रांवरून येईल.

नैसर्गिक वायू (natural gas) नैसर्गिक वायू खनिज तेलाशी निगडीत असतो. तेलासाठी खोल विहिरी खणाव्या आणि तेलाऐवजी फक्त नैसर्गिक वायू हाती यावा असाही केव्हा केव्हा अपेक्षाभंग घडतो. तरीपण सामान्यत: तेल आणि नैसर्गिक वायू ह्यांचे साहचर्य असते. म्हणूनच नैसर्गिक वायूचा विचार खनिज तेलाच्या संदर्भामध्ये करण्यात येतो. आरंभीच नैसर्गिक वायू हे जळाऊ वायूला नाव का पडले हे स्पष्ट केलेले आहे. कारखान्यामध्ये तयार केलेला जळाऊ वायू जो शहरात वापरतात ह्यालाच नागरी वायू किंवा सिटी गॅस असे म्हणतात. ह्या कृत्रिम वायूपासून भिन्न व नैसर्गिकरित्या मिळणारा जळाऊ वायू–एवढ्या मर्यादित अर्थाने हा शब्द वापरतात. दगडी कोळसा बंद भट्टीमध्ये तापवून त्यापासून निघणारा वायू जळाऊ असतो. मुंबई सारख्या शहरामध्ये हाच स्थानिक वायू पुरविला जातो. प्रगत देशामध्ये शहरातील रस्त्यांवरील दिव्यांसाठी, स्वयंपाकघरातील शेगड्यांसाठी व काही यंत्रे चालविण्यासाठी हा वायू वापरण्यात येतो. परंतु खाणीमध्ये सापडणारा वायू ही

निसर्गाची देणगी आहे. त्याला नैसर्गिक वायू म्हणतात त्याला कारण हेच. नैसर्गिक वायूवर फारच थोडे संस्कार करून किंवा काहीही न करता तो तसाच जळाऊ वायू म्हणून वापरता येतो. असा हा नैसर्गिक वायू आहे.

नैसर्गिक वायूचा सर्व जागतिक संग्रह केवढा मोठा असेल ह्याच्या अंदाजाबद्दलचे १९७१ चे आकडे उपलब्ध आहेत. त्या अंदाजाप्रमाणे साधारण १६ लक्ष अब्ज घनफूट एवढा मोठा तो साठा आहे. त्याचा साधारण ५-६ टक्के भाग दरसाल वापरला जातो. अमेरिकेमध्ये ५ हजार अब्ज घनफूट एवढा नैसर्गिक वायू तयार होतो. त्याची किंमत ३५ कोटी डॉलर्स एवढी होते. अमेरिकेमध्ये लागणाऱ्या साऱ्या यांत्रिक शक्तीचा ३०–३५ टक्के भाग नैसर्गिक वायू पुरवितो. उरलेला भाग, तेल, कोळसा, जलौघ विद्युत व अणुशक्ती ह्यांमधून मिळतो.

नैसर्गिक वायूमध्ये मुख्यत: मिथेन हा जळाऊ वायू असतो. दगडी कोळशापासून निघणाऱ्या नागरी वायूमध्ये मिथेन हा वायू असतोच त्याशिवाय त्याबरोबर हायड्रोजन, कार्बन मोनॉक्साइडसारखे दुसरे पण जळाऊ वायू असतात.

तेल आणि नैसर्गिक वायू ह्यांचे उगमस्थान एकच असते. म्हणून ते सामान्यपणे एकत्र सापडतात हे साहजिकच आहे. परंतु काही ठिकाणी फक्त नैसर्गिक वायूच तेवढा सापडतो. हे कसे ? ह्या दोन्ही द्रव्यांची निर्मिती झाल्यावर भूपृष्ठाखाली काहीतरी भूशास्त्रीय घडामोडी होऊन तेल झिरपून दुसरीकडे गेले असावे व वायू मात्र तेथेच राहिला अशी एक शक्यता आहे. नैसर्गिक वायूमध्ये मुख्यत: मिथेन वायू असतो. परंतु त्याबरोबर थोड्या प्रमाणात तेलामधील कमी उत्कलन बिंदु असणारी इतर हायड्रोकार्बनेही असतात. ज्वलनामध्ये त्यामुळे काहीच अडचण येत नाही. परंतु काही नैसर्गिक वायूमध्ये अल्प प्रमाणात हायड्रोजन सल्फाइड, नायट्रोजन, कार्बनडायॉक्साइड ह्यासारखे काही वायू केवळ अपद्रव्ये म्हणजे नको असलेले असे घटक असतात. अशा नैसर्गिक वायूला 'आंबट' (sour) नैसर्गिक वायू असे म्हणतात. हायड्रोजन सल्फाइड ह्या अपद्रव्यामुळे असा नैसर्गिक वायू हा टाकाऊ, उपद्रवी असे मानण्यात येई. अशा वायूच्या ज्वलनामध्ये इतर वायूबरोबर हायड्रोजन सल्फाइडपासून सल्फर डायॉक्साइड हा वायू तयार होई व त्यामुळे वातावरण प्रदुषित होई. परंतु अलीकडे फ्रान्समध्ये ह्या वायूमधील

हायड्रोजन सल्फाइड पासून सल्फर म्हणजे गंधक वेगळे करण्याचे नवीन तंत्र वापरून एकवेळची अडगळ व डोकेदुखी कायमची निकालात निघाली आहे. फ्रान्समध्ये गंधकाची निर्मिती एवढी वाढली की गंधक आयात करण्याऐवजी आता आपली गंधकाची गरज भागवून उरलेल्या गंधकाची फ्रान्स निर्यात करू लागला आहे. नैसर्गिक वायूमधील हे अपद्रव्य उपयुक्त ठरले आहे. गंधक वेगळा झाल्याने नैसर्गिक वायूच्या ज्वलनाने होणारे हवेचे प्रदूषण टळले आहे. नैसर्गिक वायूमध्ये पुष्कळवेळा आढळणाऱ्या दुसऱ्या एका अपद्रव्याचा मुद्दाम निर्देश केला पाहिजे. ते अपद्रव्य म्हणजे 'हेलिअम' वायू. ज्वलनाच्या क्रियेमध्ये त्यामुळे काहीच अडचण येत नाही. तरीपण तो वायू अन्य कामी फार उपयुक्त व दुर्मिळतेमुळे मोलाचा आहे. तो नैसर्गिक वायूपासून वेगळा करून घेतात. नैसर्गिक वायू हे हेलिअम मिळविण्याचे महत्त्वाचे साधन आहे. हलकेपणा व रासायनिक निष्क्रीयता (inactivity) ह्यामुळे ह्या वायूला विशेष महत्त्व आहे.

नैसर्गिक वायूचे उपयोग

नैसर्गिक वायूचा जळाऊ वायू म्हणूनच मुख्यत: उपयोग होतो. त्याचे उत्पादन विशेष खर्चाचे नसल्याने तो स्वस्तही पडतो. परंतु त्याच्या उपयोगाला काही मर्यादा आहेत हे ध्यानात घेतले पाहिजे. ह्या वायूचे उत्पादन साहजिकच जेथे तेलाच्या खाणी असतात तेथेच होत असल्यामुळे, ते पुष्कळ वेळा शहरापासून फार दूर होते. शेकडो मैल लांबीचे नळ टाकून हा वायू शहरात आणणे बरेच महाग पडते. अशा परिस्थितीमध्ये ह्या वायूचा उपयोग खाणीचे काम करणाऱ्या लोकांना प्रकाश व इंधन ह्यासाठी व तेल उत्पादनाच्या कारखान्यांमधील यंत्रे, पंप वगैरे चालविण्यासाठी लागणारी विद्युतशक्ती तयार करण्यासाठी होतो. नंतर उरलेला वायू हवेमध्ये सोडून देतात किंवा निकामी झालेल्या अशा खाणीमध्ये दाबाखाली सोडून देतात. काही वेळा वायूच्या दाबामुळे तेल बाहेर येण्याचा संभव असतो. शिवाय नैसर्गिक वायूसारखे उपयुक्त द्रव्य पुढे केव्हातरी, कोठेतरी, कोणालातरी सापडेल हा एक त्यामागील हेतू असतोच.

नैसर्गिक वायूचा पुरवठा जळाऊ वायू म्हणून लागतो त्यापेक्षा बराच जास्त असतो, त्याचे अन्य उपयोग शोधून काढावे लागतात. काही ठिकाणी तो बंदिस्त जागेमध्ये जाळून त्यापासून मोठ्या प्रमाणावर काजळी तयार करतात. रबर

व इतर काही उद्योगधंद्यांमध्ये काजळीला बरीच मागणी असते. दुसरा उपयोग म्हणजे त्यामधील मिथेनपासून विविध रासायनिक प्रक्रिया करून मिथिल आल्कोहोल, मिथेनची क्लोरीनयुक्त संयुगे वगैरे रासायनिकदृष्टचा उपयुक्त पदार्थ तयार करणे हा होय. अमोनिया गॅस निर्मितीसाठी लागणारा हायड्रोजन वायू नैसर्गिक वायूमधील मिथेनच्या मर्यादित ज्वलनाने मिळू शकतो. नैसर्गिक वायूच्या विविध उपयोगांविषयी विशेष माहिती पेट्रोरसायने ह्या प्रकरणात येईलच.

भारत आणि नैसर्गिक वायू

भारतामध्ये हा वायू सध्या आसाम व गुजरात ह्या दोन राज्यांमध्येच आढळतो. भारतामध्ये ह्या वायूचा भूमिगत संग्रह असेल तरी किती ह्याचा भूशास्त्रीय अंदाज करण्यात आलेला आहे. हा संग्रह दोन हजार अब्ज घनफूट असावा. भारतामध्ये १९७० साली एकूण १,५०० दशलक्ष घनमीटर (१ घ.मी. = ३५·३ घ.फूट) एवढ्या वायूची निर्मिती झाली. त्यापैकी निम्म्या वायूचा उपयोग विद्युत उत्पादनासाठी झाला.

तेल वाहतूक

एकदा का तेलासाठी खोदलेल्या विहिरीमध्ये तेल लागले म्हणजे भूशास्त्र तज्ज्ञाचे काम संपले. तेल भूपृष्ठावर आणले म्हणजे तेल उद्योगाचे एक पर्व संपले. त्यानंतरचे कार्य म्हणजे तेलाचे शुद्धीकरण. अशुद्ध तेलाचा प्रत्यक्ष उपयोग नसल्यामुळे तेलाचे शुद्धीकरण करावे लागते. तेल-क्षेत्रापासून शुद्धीकरण कारखान्यापर्यंत व त्यानंतर शुद्धीकरणामध्ये तयार झालेले पेट्रोल, केरोसीन, डिझेल, नॅफ्था वगैरे घटक तेल विभाग मागणीप्रमाणे निरनिराळ्या ठिकाणी पोहोचविणे हे महत्त्वाचे काम असते.

पूर्वी तेलशुद्धीकरणाचा कारखाना तेल-क्षेत्राजवळ असे. त्यामुळे खनिज तेल (क्रूड ऑईल) ह्यांची वाहतूक थोडी, परंतु तयार झालेल्या तेल विभाग घटकांची वाहतूक मात्र लांब लांब अंतरावर करावी लागे. परंतु आता विशेषतः दुसऱ्या महायुद्धानंतर हे धोरण बदलले. भौगोलिक, आर्थिक व राजकीय कारणांसाठी तेलशुद्धीकरणाचा कारखाना सामान्यतः तेलाचा वापर ज्या देशामध्ये व्हाव-याचा, तेथील व्यापाऱ्यांच्या सोयीने तेलशुद्धीकरणाच्या कारखान्याची उभारणी

करण्यात येते. ह्यामुळे मोठ्या प्रमाणावर क्रूड ऑईलची वाहतूक लांब लांब अंतरावर म्हणजे जगाच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत करावी लागते.

तेलाची वाहतूक करतात तरी कशी? हातगाडीने, बैलगाडीने किंवा मोटार ट्रकच्या साहाय्याने तेलाची होणारी वाहतूक पुष्कळांनी पाहिली असेल. परंतु ही तेलाची वाहतूक म्हणजे तेलाच्या जगप्रवासाचा शेवटचा टप्पा होय. तत्पूर्वी तेलाने हजारो मैलांचा प्रवास केलेला आहे. हा प्रवास कसा होतो ते पाहू. तेल वाहतुकीची प्रमुख साधने म्हणजे मोठ्या तेलवाहू बोटी, आगगाडीचे डबे, तेलाचे ट्रक्स व तेलाच्या नलवाहिन्या ही होत. कोणत्या ठिकाणाहून तेलाची वाहतूक कशी करावयाची म्हणजे तेल-वहनासाठी कोणते साधन वापरावयाचे हे ठरविताना तेलाची वाहतूक केवढी मोठी आहे व किती अंतरावरून करावयाची आहे व त्याचप्रमाणे सोयीचे, फायदेशीर व कमी खर्चाचे असे कोणते साधन आहे ह्याचा सर्वांगीण विचार केला जातो. सामान्यपणे तेल वाहतुकीच्या खर्चाचे तुलनात्मक आकडे पुढे दिलेले आहेत. ह्यावरून तेलवाहू बोटीसाठी सर्वात कमी खर्च येतो. जलवाहतुकिच्या मानाने खुष्कीची वाहतूक पुष्कळच महाग पडते हे स्पष्ट होईल.

तेलवाहू बोटींनी वाहतूक खर्च १ आहे असे मानले तर :

नलवाहिन्यांनी खर्च—

खनिज तेलासाठी ४

शुद्धीकृत तेलासाठी ५

आगगाडीच्या तेल डब्यांनी खर्च २०

खुष्कीच्या (रस्त्याच्या) मार्गाने खर्च ७५

असे साधारण प्रमाण बसते.

वाहतुकीच्या खर्चातील फरक पुष्कळ असला तरी परिस्थितीनुरूप ही सारी साधने वाहतुकीसाठी वापरावी लागतातच.

तेलवाहिन्या

मोठ्या प्रमाणावर वाहतूक करण्यासाठी वापरण्यात येणारी साधने म्हणजे जमिनीवरून नलवाहिन्यांनी तेल सोयीच्या बंदरावर समुद्रकाठी आणणे. तेलवाहू बोटीवरून तेल जरूरी असेल त्या बंदरावर पोचल्यावर त्या तेलाची नलवाहिन्यांतून पुन्हा तेलशुद्धीकरण कारखान्यांपर्यंत वाहतूक करणे व शुद्धीकृत

तेलविभाग देशभर पोचविणे असा प्रचंड व्याप मुख्यतः तेलवाहिन्यांना सांभाळावा लागतो. तेल वाहतुकीप्रमाणे नैसर्गिक वायूच्या वाहतुकीचा पण विचार केला पाहिजे.

तेलासाठी नलवाहिन्यांच्या वापराचा इतिहास बराच जुना आहे. त्यामध्ये वेळोवेळी बऱ्याच तांत्रिक सुधारणा होत गेल्या व नलवाहिन्यांची कार्यक्षमता वाढत गेली. तेल-वहनाच्या ह्या साधनांच्या उपयुक्ततेमुळे त्यांचे जाळे जगभर पसरलेले आहे. हजारो मैल लांब तेलवाहू नळ हे कार्य करीत आहेत. एवढ्या प्रचंड योजनेसाठी खर्चही तसाच अबाढव्य असतो.

प्रथमच १८५९ साली कर्नल ड्रेक ह्याने अमेरिकेमध्ये तेलासाठी विहीर खोदली व त्याला तेल सापडले आणि जगातील पहिल्या तेलखाणीचा शोध लागला. त्यानंतर अवघ्या दोन वर्षांत ह्या खाणीतून वर काढलेल्या तेलाची वाहतूक कशी करावयाची हा प्रश्न उत्पन्न झाला. तेलाची पिंपे (बॅरल्स) किंवा डबे भरून तेलाची वाहतूक करण्यासाठी घोड्यांच्या मालवाहू गाड्या वापरण्यात आल्या. अमेरिकेमध्ये तेलाचे उत्पादन एवढे वाढले की, हे तेल वाहून तेलशुद्धीकरण कारखान्यामध्ये पोहोचविण्यासाठी ६ हजार घोड्यांच्या गाड्या वापरण्यात आल्या. एवढ्या मोठ्या वाहनसंख्येमुळे रस्त्यावरील नेहमीच्या वाहतुकीमध्ये अडथळे निर्माण होऊ लागले. शेवटी ही तेलवाहतूक बंद करावी लागली. त्याला पर्याय म्हणून नळातून तेलवहन करण्याची कल्पना आली. खरे म्हणजे १८६१ साली लाकडी नळ वापरून असा प्रयत्न अल्प प्रमाणात झाला. त्यानंतर १८६५ साली प्रथमच मोठ्या प्रमाणावर तेलवाहू नळ घालण्यात आले. ९.६ कि.मी. लांब व ५ सें.मी. रुंद अशा नलवाहिन्या घालण्यात आल्या. त्या नलवाहिन्या ओतीव लोखंडाच्या (बिडाच्या) होत्या. दर तासाला त्यामधून ८०० बॅरल (१ बॅरल = १३५ कि.) एवढे तेल नेता येत असे. परंतु हे नळ बिडाचे असल्यामुळे त्यावर काही आदळले तर त्याचा तुकडा पडून ते निरुपयोगी होत म्हणून हा प्रयत्नही अल्पायुषी ठरला. बिडाऐवजी पोलादी नळ वापरण्याची पद्धती सुरू झाल्यावर मात्र नलवाहिन्यांना स्थैर्य प्राप्त झाले. १८७९ साली १८० कि.मी. अंतर जोडणारा १५ सें.मी. व्यासाचा नळ घालण्यात आला. दररोज त्यामधून १० हजार बॅरल तेलाची वाहतूक होऊ लागली. ह्या तंत्रामध्ये

उत्तरोत्तर सुधारणा व प्रगती होत गेली. उदाहरणार्थ ५ ते १५ सें.मी. व्यासा-ऐवजी आता १०० सें. मी. व्यासाचे नळ वापरण्यात येतात. त्याचप्रमाणे मँगनीज, क्रोमिअम, वॅनाडिअम वगैरे धातूंचा सूक्ष्म प्रमाणात पोलादामध्ये अन्तर्भाव करून पोलादाच्या गुणांचे संवर्धन करण्यात आले आहे. अमेरिका ह्या एका देशामध्ये देशाच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत सर्वत्र तेलनलिकांचे जणू जाळेच झाले आहे. त्या सर्व तेलवाहिन्यांची लांबी तीन लक्ष बेचाळीस हजार कि. मी. एवढी झाली असून त्यापैकी तेलवाहिन्यांची सरळ लांबी २,००० ते २,५०० कि. मी. एवढी भरेल. जमिनीवरून करावयाच्या वाहतुकीचा खर्च नलवाहिन्यांमुळे फारच कमी येतो. एका हिशेबाप्रमाणे एक बॅरल (१३५ कि.) तेल ३,२०० कि. मी. अंतरावर पोचवावयाला साधारणतः २५ सेंट म्हणजे दीड-दोन रुपये एवढा खर्च येतो. नलवाहिन्यांतून वाहतूक केल्यास खर्चामध्ये बचत होते. ह्याशिवाय अन्य फायदेही आहेत. एक म्हणजे इतर साधनांप्रमाणे तेल पोचवून झाल्यावर तेलाची रिकामी पिपे, टाक्या, डबे वगैरे मूळ जागी आणण्याचा खर्च करावा लागत नाही. दुसरा फायदा म्हणजे ह्याकामी फारच थोडे कामगार लागतात. तिसरा फायदा म्हणजे इतर साधनांच्या मानाने ह्या साधनांची देखभाल करणे कमी खर्चाचे आहे. चवथा फायदा म्हणजे मागणीप्रमाणे फार मोठ्या प्रमाणावर वाहतूक जलद करता येते. नळांतून एका दिवसात १६० कि. मी. (१०० मैल) अंतरावर तेल पोचविता येते. शेवटचा फायदा म्हणजे तेलाचे नळ ५०–६० वर्षे तरी बदलावे लागत नाहीत. एवढे ते टिकाऊ असतात. म्हणून तर एवढ्या अमेरिका देशामध्ये २ लक्ष १४ हजार मैल (३ लक्ष ४२ हजार कि. मी.) लांबीचे नलवाहिन्यांचे जाळे पसरलेले आहे व ते वाढत आहे. हे सर्व फायदे आहेत म्हणून तेलवाहू नळ सर्वत्र रूढ झाले. परंतु प्रारंभी नळ टाकण्यास खर्च मात्र भरमसाट येतो. एक कि.मी. लांबीच्या नळाला व्यासाच्या अनुरोधाने १-२ लाख रुपये खर्च येतो. ह्यावरून नलवाहिन्यांचे जाळे पसरविणे किती खर्चाचे आहे ह्याची कल्पना येईल.

तेलवाहतुकीसाठी नळ टाकतात तरी कसे ? प्रथमतः तेलक्षेत्रापासून सोयीचे बंदर किंवा तेलशुद्धीकरण कारखान्याची जागा ही ठरविली जातात. ह्या दोन स्थळांना जोडणारे नळ कसे टाकावयाचे हे ठरविण्यासाठी त्या भूभागाचे

विमानातून सर्वेक्षण करतात व नळ टाकण्याच्या दृष्टीने योग्य मार्ग ठरविण्यात येतो. त्यानंतर तंत्रज्ञ त्या मार्गाचा प्रत्यक्ष पायानी फिरून सर्वेक्षण करतात व नळ ज्या कोणत्या ठिकाणी घालावयाचा त्याखालील जमिनीचे स्वरूप, चढउतार, वाटेमधील टेकड्या, डोंगर, दऱ्या, नद्या-नाले ह्यांची प्रत्यक्ष माहिती करून घेतात.

हे नळ सामान्यत: रस्त्याच्या कडेने घालतात. परंतु केव्हा केव्हा ते डोंगरावरून किंवा जंगलांतूनही घालावे लागतात. रहदारीपासून दूर अशा ठिकाणी नळ साधारणत: जमिनीच्या वर रचतात. त्यामुळे त्यांची देखभाल करणे सोपे जाते. परंतु सूर्याच्या तीव्र उन्हामुळे नळाचा सांधा स्क्रूने जोडलेला असल्यास त्या ठिकाणी प्रसरण कमी जास्त होऊन, तेल गळण्याची शक्यता असते. पूर्वी ह्या अडचणीवर उपाय म्हणून नळ मातीखाली पुरीत असत. ह्यामध्ये एक अडचण दूर झाली तरी दुसरी अडचण निर्माण होत असे. मातीमधील क्षारांमुळे व अन्य कारणांमुळे तेलाच्या नळांना गंज चढत असे. नळाच्या बाहेरच्या अंगाला गंज येत असे. त्याप्रमाणे तेलातील काही घटकांमुळे नळाच्या आतूनही गंज येत असे. ह्या अडचणीतून मार्ग काढण्यात आले. तेलामध्ये अल्पप्रमाणात गंजविरोधी द्रव्यांचे मिश्रण केल्यास नळाच्या आतील बाजूस गंज येत नाही. बाहेरच्या बाजूचा गंज टाळण्यासाठी शक्यतो तेलवाहू नळ जमिनीच्या वर असावे. सामान्यपणे एक ते दीड मीटर लांबीचे नळाचे भाग स्क्रूने जोडतात. त्याऐवजी ते जर वितळजोड पद्धतीने जोडले गेले तर मात्र सूर्याच्या उष्णतेमुळे सांध्याच्या ठिकाणी नळ गळत नाहीत, शिवाय गंज विरोधक असे लेपन किंवा आवरण नळावर घातल्यास बऱ्याच प्रमाणात नळ गंजणे टाळता येते.

जमिनीवर तेलाचे नळ टाकण्याच्या एका आधुनिक तंत्राचा विशेष उल्लेख केला पाहिजे. अखंड नळ तयार करणारे यंत्र फिरत फिरत पुढे जात असताना, रीळावरून दोरा उलगडत जावा त्याप्रमाणे नवीन तयार होणारा नळ आस्ते आस्ते जमिनीवर मांडला जातो. अशा ह्या अखंड किंवा सांधा नसलेल्या नळाची लांबी एका प्रयोगामध्ये ७०० मीटरपर्यंत जाऊन पोचल्याची माहिती प्रसिद्ध झाली आहे.

नळातून तेल नेणं व पाणी नेणे ह्यांमध्ये एक महत्त्वाचा फरक ध्यानात घेतला पाहिजे. तेलाच्या जाडपणामुळे व चिकटपणामुळे म्हणजेच शास्त्रीय भाषेत पाण्यापेक्षा तेलाची 'विष्यंदिता' (viscosity) बरीच जास्त असल्यामुळे नळातून तेल सहज वाहात नाही. नळातून तेल वाहात जावे म्हणून मधून मधून तेलाला जोरदार पंप जोडून तेल सारखे पुढे ढकलावे लागते. तेल ढकलता यावे म्हणून नलवाहिन्यांना अंतराअंतरावर पंपस्थानकांची योजना करावी लागते. सपाट भूभागावरून तेलवाहिन्या जात असल्या तर दोन पंपस्थानकांमध्ये ३२० कि. मी. (२०० मैल) अंतर असले तरी चालते. परंतु वाटेत चढ असला तर मात्र पंपस्थानके ५० ते १२५ कि.मी. एवढी नजिक ठेवावी लागतात. ह्या स्थानकांना केवळ तेल पंप करणे एवढेच कार्य नसते. इतर कामेही त्यांना करावी लागतात. नळ कोठे फुटला आहे की काय ह्याकडे त्यांना लक्ष ठेवावे लागते.



पंपस्थानके

नळ फुटल्याचे आढळल्यास पुढे जाणारा तेलाचा प्रवाह बंद करण्यात येतो आणि बिघाड झालेला भाग लगेच दुरुस्त करण्यात येतो. परंतु ह्या कालामध्ये तेलप्रवाहामध्ये खंड पडू नये म्हणून त्यापुढील पंप स्थानकावर ठेवलेल्या तेलाच्या टाकीतून तेल पुरविले जाते. प्रत्येक स्थानकावर ह्यासाठी तेलाच्या मोठ्या टाकीची योजना केलेली असते. स्थानकावरचे काम रात्रंदिवस चालू असते.

शिवाय नळाच्या दुरुस्तीची यंत्रसामुग्री, टेलिफोन, टेलिग्राफ ह्यांची व्यवस्था व तेथे तंत्रज्ञ, कारागीर, निरीक्षक ह्यांच्या राहण्याच्या व इतर सुखसोयी उपलब्ध करून द्याव्या लागतात. अशी ही पंपस्थानके नलवाहिनीच्या मार्गावर आयोजीत केलेली असतात.

तेलवाहू नळांचा उपयोग क्रूड तेलाच्या वाहतुकीसाठी पूर्वीपासून होत आला आहे. परंतु साधारणत: १९३० सालानंतर तेलशुद्धीकरण कारखान्यांपासून तेलाच्या व्यापारी केंद्राच्या ठिकाणी ठेवलेल्या तेलटाक्यांपर्यंत शुद्धीकृत तेलाचे विविध विभाग पोचविणे हे काम पण नळांना करावे लागते. खनिज तेलाची नळावाटे वाहतूक करण्यामध्ये विशेष अडचणी येत नाहीत. परंतु शुद्धीकृत तेलाच्या विविध विभागांपैकी प्रत्येक विभागाला एकेक स्वतंत्र नळ ठेवणे परवडणार नाही किंवा त्याची जरुरीपण नाही. एकाच नळातून एका मागोमाग एक असे निरनिराळे शुद्धीकृत तेलप्रकार पाठविता येतात. तेलवाहिन्यांचा खर्च वाढू नये ह्या दृष्टीने हे आवश्यकही आहे. गरजेप्रमाणे एकाच नळातून आवश्यक ती अवधाने सांभाळून ३० निरनिराळे तेलप्रकार पाठविणे शक्य आहे. परंतु सामान्यत: ५–१० तेलप्रकार पाठविले जातात.

एका मागोमाग दुसरा तेलप्रकार पाठवावयाचा म्हणजे दोन तेलप्रकार एकत्र येतात तेथे त्यांचे एकमेकात मिश्रण होणे साहजिकच आहे. परंतु हे टाळण्यासाठी एक तेलप्रकार पंप केल्यावर त्याच नळातून दुसऱ्या टाकीतील दुसऱ्या प्रकारचे तेल पंप करण्यापूर्वी दोहोमध्ये पाणी पंप करतात. त्यामुळे दोन तेलप्रकार अलग राहतात. दोन प्रकार एकमेकांमध्ये फारसे मिसळून जाऊ नये म्हणून दोहोमध्ये पाचर किंवा गुडदी (plug) बसवावी त्याप्रमाणे पाण्याचे कार्य आहे. पाण्याऐवजी प्लॅस्टिक किंवा धातू ह्यांचे गोल वापरल्यास दोन तेल प्रवाह वेगळे वेगळे राहतात. तरीपण नळाला जोडलेले पंप मंद गतीने चालले तर संमिश्रण बरेच होते. हे टाळण्यासाठी तेलाचा पंप जोराने चालू ठेवावा लागतो. नलवाहिन्यांमधून तेलाची जमिनीवरील वाहतूक जगभर चालू आहे. तेलासाठी अशाच नलवाहिन्या पाण्याखाली विशेषत: भूमध्य-समुद्र व उत्तर समुद्र ह्यांमध्ये घालण्याच्या योजना सध्या विचाराधीन आहेत.

परंतु नळ टाकण्याचा व त्यांवर देखरेख ठेवण्याचा खर्च लक्षात घेता, नळ कोठे टाकावयाचे व अन्य वाहतुकीची साधने कोठे वापरावयाची ह्याविषयी तेल कंपन्यांना सारासार विचार करून निर्णय घ्यावयाचा असतो. साधारणतः दररोज १ हजार टन तेलाची ११२ कि.मी. (७० मैल) एवढ्या अंतरावर वाहतूक करणे आवश्यक असेल तरच नळ वाहतूक परवडते.

काही ठिकाणी व काही वेळा नफ्या-तोट्याचा विचार न करता भूमीमध्ये पुरलेल्या तेल वाहिन्यांची लष्करीदृष्ट्या योजना करावी लागते. त्यामुळे युद्धाच्या आघाडीवर अखंड तेलपुरवठा करता येतो व त्यामध्ये शत्रूला व्यत्यय आणता येत नाही हा भूमिगत तेल वाहिन्यांचा मोठा फायदा होय. आधुनिक युद्धतंत्रामध्ये एवढ्या मोठ्या प्रमाणावर इंजिने व यंत्रे ह्यांचा रणसाहित्यामध्ये उपयोग करावा लागतो की, तेलाचा साठा अपुरा पडला किंवा संपला तर युद्ध आघाडीच कोसळून पडेल. तेलाप्रमाणे नैसर्गिक वायूपण नलवाहिन्यांनीच तेल-क्षेत्रापासून शहरापर्यंत आणावा लागतो. नैसर्गिक वायूच्या वाहतुकीसाठी नलवाहिन्यांशिवाय दुसरी साधनेच नव्हती. रशियामध्ये १२० सें.मी. व्यासाचे व १६०० कि.मी. लांबीचे नळ तेलक्षेत्रापासून औद्योगिक केंद्रांपर्यंत नैसर्गिक वायू पोचविण्यासाठी टाकण्यात आलेले आहेत. नैसर्गिक वायूच्या वाहतुकीच्या बाबतीत अगदी अलिकडील प्रगती म्हणजे नैसर्गिक वायू मोठ्या दाबाखाली मुद्दाम शीत केलेल्या तेल-बोटींच्या टाक्यांमध्ये भरून त्यांची जलवाहतूक करणे. असा प्रयत्न पश्चिम आशियामधून युरोपमध्ये नैसर्गिक वायू पोचविण्यासाठी करण्यात आला आहे. नैसर्गिक वायू ह्या इंधनाच्या उपयुक्ततेमध्ये त्याच्या वायूरूपामुळे पडलेल्या मर्यादा आता ओलांडता येऊ लागल्या आहेत. नैसर्गिक वायूच्या ह्या नवीन तऱ्हेच्या वाहतुकीला चांगला भविष्यकाळ आहे.

भारतामधील नलवाहिन्या

भारतामध्ये तेल देणारी तेल-क्षेत्रे, तेल शुद्धी करणारे कारखाने व तेलाच्या व्यापारी पेठा ह्यांमध्ये पुष्कळ अंतर असल्यामुळे, तेल वाहतुकीचा प्रश्न भारता-पुढेही आहे. ह्यामध्ये खनीज तेल, नैसर्गिक वायू ह्यांची नलिकेतून वाहतूक करणे ह्यांचा समावेश होतो. गरजेप्रमाणे नलवाहिन्या घालणे हे काम भारतामध्ये चालू झाले आहे व ते पुढेही चालू राहणार आहे. नलवाहिन्यांचे कार्य तीन

प्रकारचे असते. तेल-क्षेत्रापासून खनिज तेल, तेलशुद्धीकरण कारखान्यांपर्यंत पोचविणे; तेलशुद्धी कारखान्यांमध्ये तयार झालेले विविध तेलप्रकार यांनी बाजारपेठेच्या ठिकाणी किंवा ही द्रव्ये वापरणारे कारखाने असलेल्या ठिकाणी वाहतूक करणे; त्याचप्रमाणे तेलक्षेत्रापासून नैसर्गिक वायू बाजारपेठेपर्यंत किंवा कारखान्यांपर्यंत पोचविणे. ह्या तिन्ही कामांसाठी भारतामध्ये नल-वाहिन्या घालण्यात आल्या आहेत.

अशुद्ध (खनिज) तेलवाहू नलिका

(१) नाहोर–कोटिया–नूनमति–बरौणी नलिका (१,१५७ कि.मी.):

ह्या नलिका टाकण्याचे काम दोन टप्प्यांमध्ये पुरे करण्यात आले. ह्यामधील पहिला टप्पा म्हणजे नाहोर-कोटिया-मोरन ते नूनमति. हा टप्पा १९६२ साली पुरा झाला. दुसरा टप्पा म्हणजे नूनमति ते बरौणी. हा विभाग १९६४ साली पुरा झाला. दरसाल ३ दशलक्ष टन तेल वाहून नेण्याची ह्या तेल-वाहिन्यांची क्षमता आहे. पुढे जेव्हा गौहत्ती व बरौणी येथील तेलशुद्धी कारखान्यांची क्षमता वाढविण्यात येईल तेव्हा दरसाल ४ दशलक्ष टन तेलाची वाहतूक करता येण्याची योजना करून ठेवण्यात आलेली आहे.

(२) अंकलेश्वर–कोयली नलवाहिनी (९८ कि.मी.):

तेल नैसर्गिक वायू कमिशन (ONGC) ह्या आयोगाने ४० सें.मी. (१६ इंच) व्यासाच्या नलिका घातल्या. ह्याला २ कोटी ३५ लक्ष रुपये खर्च आला. ह्या नलिकांमधून तेल वाहतुकीला १९६६ साली सुरुवात झाली. ह्या नलिकांमधून अंकलेश्वरचे अशुद्ध तेल कोयली येथील गुजरात तेलशुद्धी कार-खान्याला पुरविले जाते.

(३) कलोल–साबरमती नलिका (१५ कि.मी.):

ही नलिका २० सें.मी. (८ इंच) व्यासाची असून ती कलोलपासून साबरमती-पर्यंत १९६९ साली टाकण्यात आली. दररोज ह्या नलिकेतून १,६०० टन तेल वाहतूक होते.

(४) लक्वा–मोरन नलिका (१८ कि.मी):

ही ३२ सें.मी. (१२$\frac{3}{4}$ इंच) व्यासाची नलिका (ONGC) ह्या तेल

आयोगाच्या लक्वा ह्या तेलक्षेत्रातील तेल वाहून नेण्यासाठी ऑईल इंडिया लिमिटेडच्या तेलवाहू नलिकेशी मोरन येथे जोडण्यात आली आहे.

(५) नवागाम–कलोल–कोयली नलिका (१३५ कि.मी.):

ही नलिका ONGC ह्या तेल आयोगाने घातली असून नवागाम आणि कलोल येथील तेलक्षेत्रातील तेल जवाहरनगर येथील गुजरात तेल-शुद्धीकरण कारखान्याला नेऊन पोचविले जाते. ह्या नलिकेचे काम पूर्ण होईल तेव्हा दरसाल ४ दशलक्ष टन तेल वाहण्याची क्षमता असेल.

नैसर्गिक वायू वाहिन्या

(१) खंबायत (कँबे)–धुवरण नलिका (२५ कि.मी.):

खंबायतच्या तेलक्षेत्रापासून धुवरण औष्णिक विद्युत केंद्रापर्यंत ह्या ३५ सें.मी. (१४ इंच) व्यासाच्या वायूनलिकेतून १९६४ सालापासून ONGC ह्या तेल आयोगामार्फत दररोज ४ लक्ष घनमीटर एवढा नैसर्गिक वायू पुरविला जातो.

(२) अंकलेश्वर–उत्तरण नलिका (४२ कि.मी.):

सुरतजवळच्या उत्तरण औष्णिक केंद्राला अंकलेश्वर येथील नैसर्गिक वायू पुरविला जातो. ह्या नलिकेमधून १९६५ सालापासून दररोज ३ लक्ष घनमीटर वायू पुरविला जातो.

(३) अंकलेश्वर–बडोदा नलिका (९८ कि.मी.):

ही ३५ सें. मी. (१४ इंच) व्यासाची नलिका असून ती १९६६ सालापासून अंकलेश्वर तेलक्षेत्रातील नैसर्गिक वायू बडोदा येथील गुजरात स्टेट फर्टिलायझर कंपनी लिमिटेड व इतर उद्योगधंद्यांना पुरवीत आहे. ह्या नलिकेला १ कोटी २ लक्ष रुपये खर्च आला.

(४) नवागाम–अहमदाबाद नलिका (२६ कि.मी.):

ही नलिका २० सें.मी. (८ इंच) व्यासाची असून त्यामधून नवागामच्या तेलक्षेत्रातील वायू अहमदाबादच्या कॅलिको कापड गिरण्यांना दररोज ६० हजार घनमीटर ह्याप्रमाणे पुरविण्यात येतो.

शुद्ध तेल प्रकारांच्या वाहतुकीसाठी नलिका

(१) गोहत्ती–सिलीगुरी नलिका (४२६ कि.मी.):

ही नलिका २२ सें. मी. (८½ इंच) व्यासाची आहे. ह्या नलिकेची

योजना व सर्व तंत्रज्ञान परदेशी कंपनीकडून घेण्यात आले होते. ही तेलवाहिनी १९६४ सालापासून चालू असून त्याला ७ कोटी ७५ लक्ष रुपये खर्च आला. ह्या नलिकेतून १९७०-७१ साली ३ लक्ष ६३ हजार टन तेलाची वाहतूक झाली.

(२) हलदिया–बरौणी–कानपूर नलिका (११९२ कि.मी.) :

ह्यासाठी ३० कोटी ३८ लक्ष रुपये खर्च झाला. ही नलिका टाकण्याची कामगिरी एका इटालियन कंपनीला १९६२ साली देण्यात आली. ह्या नलिकेमधून बरौणी येथील तेलशुद्धीकरण कारखान्यामध्ये तयार झालेले विविध तेल-प्रकार कानपूरला नेऊन भारताच्या उत्तर विभागीय शहरांसाठी त्यांची पुढे रेल्वे मार्गाने वाहतूक होते. वाटेमध्ये पाटणा, मोगलसराई, अलाहाबाद येथे पण तेलवाहिनीमधून तेल घेता येण्याची सोय आहे.

(३) कोयली–अहमदाबाद नलिका (११५ कि.मी.) :

ही २२ सें.मी. (८॥) इंच व्यासाची नलिका असून १९६५ सालापासून त्यामधून तेल वाहतूक होत आहे. १९७०-७१ साली ८ लक्ष ६५ हजार टन तेल ह्या नलिकेमधून नेण्यात आले.

ह्याशिवाय इतर लहान नलवाहिन्या आहेतच. ह्या सर्वांची लांबी ३ हजार कि.मी. भरेल. ह्यापुढे मुंबई–पुणे, मुंबई–मनमाड, हरडिया–कलकत्ता, गुजरात-मथुरा अशा तेलवाहिन्या टाकण्याच्या योजना विचाराधीन आहेत.

समुद्रावरून दूर अंतरावरच्या तेलवाहतुकीसाठी तेलवाहू बोटींचा उपयोग होत असतो. ही तेलवाहतूक कमी खर्चाची पण आहे. भारतामध्ये तेलवाहू बोटी चालविणाऱ्या सहा मुख्य बोट कंपन्या आहेत : (१) शिपिंग कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया, (२) जयंती शिपिंग कॉर्पोरेशन, (३) ग्रेट ईस्टर्न शिपिंग कंपनी लिमिटेड, (४) कॉस्मो स्टीलस् प्रायव्हेट लिमिटेड, (५) रत्नाकर शिपिंग कंपनी लिमिटेड व (६) ठाकूर शिपिंग कंपनी लिमिटेड. ह्या त्या तेल वाहतूक करणाऱ्या बोट कंपन्या होत. ह्या सर्व कंपन्यांच्या तेलवाहू बोटी एकूण २१ आहेत. त्यांची तेल वाहण्याची क्षमता १४ हजार टनांपासून ८७ हजार टनांपर्यंत आहे. ही परिस्थिती १९७० सालची आहे.

□ □



प्रकरण चार

खनिज तेलाचे नवीन युग

माणूस जेव्हा आपल्या गत इतिहासाकडे वळून पाहतो तेव्हा त्याला प्राचीन-काळी किंवा मध्ययुगीन कालामध्ये कोठेतरी आपला देश वैभवाच्या शिखरा-वर असल्याचे समजून येते. आपल्या त्या वैभवसंपन्न कालखंडाबद्दल माणसाला अभिमान वाटतो, आनंद होतो. त्या कालखंडाला तो 'सुवर्णयुग' असे म्हणतो. त्याकाळचे शिल्प, कला, वास्तुशास्त्र, नगररचना, स्तूप, धर्ममंदिरे, विद्या, पराक्रम, सुबत्ता, ह्याबद्दल माणसाला यथार्थ स्वाभिमान वाटावा ह्यामध्ये काहीच वावगे नाही. परंतु थोडचा विचारांती पुष्कळ माणसांच्या कष्टाने, श्रमाने व पराक्रमाने घडविलेली ही थोडयांच्या उपभोगाची वैभवचिन्हे आहेत हे ध्यानात येते. जगातील तथाकथित महत आश्चर्ये, पिरॅमिड, चीनमधील प्रचंड भित, वगैरे ही सारी सामान्य माणसाच्या बाहुबलावर आधारलेली आहेत. किती माणसांचे किती श्रम ह्याकामी खर्च पडले असतील ह्याचा हिशेब करता येणार नाही. सामान्य माणसाचे कष्ट व श्रम ह्यावर आधारलेल्या त्या 'सुवर्ण-युगा'चे फायदे सामान्य माणसापर्यंत पोचत नव्हते, हे नाकारता येणार नाही. त्यावेळच्या समाजरचनेप्रमाणे सामान्य माणसाला ह्या विषमतेचे दुःख होत नसेल. तो आपल्यापुरता समाधानी असेलही कदाचित. परंतु गत वैभवाबद्दल हळहळ करण्याऐवजी ते सुवर्णयुग अल्प जनांचे होते ते सर्व जनांचे कसे करता येईल ह्याचा विचार करणे हे विचारवंतांना खरे आव्हान होते व अजूनही काही प्रमाणात आहे. आपल्या वैभवाचा उपभोग घेण्यासाठी प्रत्येकाला जरूर ते स्वास्थ्य मिळवून देणे व व्यक्तिगत श्रमांना व कष्टांना पर्याय शोधून काढणे हेच ते आव्हान होते. ह्या आव्हानातून उद्भवणाऱ्या समस्यांचे उत्तर यंत्रयुग

येईपर्यंत विचारवंताकडे नव्हते. गुलाम किंवा मजूर ह्यांच्या श्रमाचे व कष्टाचे काम यंत्रे करू लागली तेव्हा कोठे ह्या श्रमिकांना अल्पप्रमाणात का होईना, श्रमातून व कष्टातून मुक्तता लाभली. जुने 'सुवर्णयुग' समाजातील सर्व स्तरांपर्यंत पोचण्याची शक्यता दिसू लागली.

यंत्रयुगाचे प्रणेते म्हणून दोन संशोधकांकडे बोट दाखविता येईल. न्युकॉमेन (Newcomen) व वॉट (Watt). ह्या दोन संशोधकांनी १७ व्या शतकाच्या मध्याला इंजिनाचा शोध लावला. ह्या इंजिनांना कामाला लावून बरीचशी श्रमबलाची कामे यंत्रांकडून करून घेणे शक्य झाले. ह्या इंजिनांमध्ये निरनिराळ्या शास्त्रज्ञांनी व तंत्रज्ञांनी बहुविध सुधारणा करून इंजिनांची कार्यक्षमता पुष्कळच वाढविली आहे.

अठराव्या शतकामध्ये वीज निर्मितीचा शोध लागला. वीजशक्ती वापरणे पुष्कळच सोयीचे असते. वीज वापरणाऱ्याला लाकूड, कोळसा, पाणी, वाफ ह्यांची गरज नसते. नुसत्या विद्युतवाही तारा असल्या म्हणजे झाले. वीज वापरणे सोपे असल्यामुळे इंजिनशक्ती मागे पडेल व त्याची जागा विद्युतशक्ती घेईल असे वाटले होते. परंतु वीज निर्माण करावयाची तर त्याला 'जनित्र' (generator) लागते. ते चालविण्यासाठी शेवटी इंजिनशक्ती हवीच. त्यामुळे विद्युतशक्ती इंजिनशक्तीला प्रतिस्पर्धी ठरली नाही किंवा इंजिनाची जागा वीज पूर्णतया घेऊ शकली नाही.

यंत्रयुगामुळे नवीन समस्या निर्माण झाल्या असतील हे शक्य आहे. तथापि, माणसाच्या श्रमाची कामे यंत्रांना देऊन तेवढ्या प्रमाणात तरी सामान्य माणसांना स्वास्थ्य मिळवून देणे शक्य झाले आहे. यंत्रे माणसांनी तयार केली व माणसांची कामे करण्यास ती समर्थ ठरली हे खरे. परंतु यंत्रे चालविण्यासाठी इंधन लागते. त्यामुळे यंत्राचा विस्तार इंधनांच्या शोधावर आधारलेला आहे. १९ व्या शतकाच्या आरंभी दगडी कोळशाच्या खाणीपासून मोठ्या प्रमाणावर कोळशाचे उत्पादन होऊ लागले. भूपृष्ठाखाली दडून राहिलेला रासायनिक ऊर्जेचा संग्रह म्हणजे दगडी कोळसा, मोठ्या प्रमाणावर बाहेर येऊ लागला तेव्हाच 'औद्योगिक क्रांती'चा पाया घातला गेला. ह्या औद्योगिक क्रांतीचे प्रभावी असे बाह्य दृश्यरूप म्हणजे देशाच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत आगगाड्या

सुरू झाल्या, जगातील निरनिराळ्या देशांना जोडणाऱ्या आगबोटींचा संचार सर्वत्र होऊ लागला. त्याचबरोबर लांब लांब रस्ते, पूल, धरणे, कालवे ह्यांची कामे सुरू झाली व जीवनोपयोगी वस्तूंच्या औद्योगिक उत्पादनाची साधने सर्वत्र प्रचारात येऊ लागली. सर्वत्र सुबत्तेची चिन्हे दिसू लागली. विचारवंतांचे स्वप्न आकार घेऊ लागले.

त्याचबरोबर कोळशावर आधारलेल्या ह्या क्रांतीची दुसरी बाजू लोकांच्या लक्षात आल्याशिवाय राहिली नाही. कोळशाच्या वापरामुळे औद्योगिक शहरांवरील आकाश काळ्या धुराने भरून जाऊ लागले. हवा प्रदूषित होऊ लागली, शहरावर कुरूपतेचे पटल चढले व अवकळा पसरली. सुंदर इमारतींवर काळ्या रंगाची पुटे वाढू लागली. टुमदार घरांची जागा गर्दी दाटीने वसलेल्या कलाहीन कामगार वस्त्यांनी घेतली. कामगारांची आरोग्यहानी झाली. माणसे धुरकटली व त्यांची मनेपण. ही झाली नाण्याची दुसरी बाजू.

विसाव्या शतकात औद्योगिक क्रांती आणखीच स्थिरावली. परंतु त्या विस्ताराचे स्वरूप बरेच भिन्न होते. भिन्नतेचे कारण म्हणजे घन काळ्या कोळशाची जागा प्रवाही स्वच्छ केलेल्या तेलाने घेतली हे होय. तेल हे माणसाच्या दृष्टीआड भूमिगत होते. हजारो वर्षे तेल भूपृष्ठाखाली असूनही माणसाला त्याचा पत्ता नव्हता. कोळशाऐवजी इंधन म्हणून तेलाचा उपयोग करून आगबोटी व आगगाड्या वगैरे पूर्वीची वाहतुकीची साधने चालू राहिली. एवढेच काय तर आता जवळ जवळ ८०–८५ टक्के प्रवाशी बोटी व मालवाहू बोटी ह्या तेलावरच चालतात. आगगाडीच्या वाफेच्या इंजिनाची जागा डिझेल इंजिने वाढत्या प्रमाणावर घेऊ लागली आहेत. परंतु गेल्या काही दशकांत दोन अजिबात नवीन अशी वाहतुकीची साधने तेलामुळे शक्य झाली, ती म्हणजे मोटारगाड्या व विमाने. ह्यांसाठी लागणारी अन्तर्दहन इंजिने (internal combustion engines) तेलावरच चालतात. नवीन इंजिनांमुळे वाहने आटोपशीर व वापरण्याला सोयीची झाली आहेत. वरील दोन्ही वाहनांना आगळे महत्त्व प्राप्त झाले आहे.

विमानाचें महत्त्व त्याच्या अतीव वेगामध्ये आहे. जमिनीवरून म्हणजे रूळावरून जाणाऱ्या आगगाड्यांना रूळावरोबर होणाऱ्या घर्षणामुळे गति-विरोध होतो. त्याचप्रमाणे पाण्याच्या पृष्ठभागावरून जाणाऱ्या आगबोटीच्या गतीला पाण्यामुळे विरोध होतो. त्यांच्या वेगाला मर्यादा पडतात त्या ह्या घर्षणामुळे. विमानाच्या बाबतीत ही अडचण फारच थोडी. ध्वनीपेक्षा जास्त वेगाने जाणारी विमाने म्हणून तर शक्य वाटू लागली. जगाच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत प्रवास अल्पावधीत करता येऊ लागला. अंतरे आकुंचन पावू लागली. जग लहान वाटू लागले. दूरदूरचे देश व लोक परस्परांच्या जवळ आले. विमानाच्या ह्या किमयेमागील प्रेरक शक्ती तेल हीच आहे, हे ध्यानात ठेवले पाहिजे. एवढेच नव्हे तर जग व्यापून झाल्यावर माणूस अवकाशामध्ये संचार करू लागला तेव्हा त्याचा एकमेव आधार म्हणजे तेल हे इंधन. तेलाने घडविलेला विसाव्या शतकातील संचार-विक्रम हा असा आहे.

दुसरे प्रवास साधन म्हणजे मोटारगाडी. ह्याचा विचार निराळ्या पातळीवर करणे जरूर आहे. आगगाडी काय किंवा आगबोटी, विमाने काय ही वाहने प्रचंड असतात. त्यामध्ये शेकडो प्रवाशी असतात. एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जाणे एवढेच प्रवाश्यांचे समान उद्दिष्ट असते. ही वाहने सार्वजनिक असतात. व्यक्तीला किंवा व्यक्तीसमूहाला प्रवासाचे वेळापत्रक, प्रवासाची दिशा, थांबण्याची जागा ह्यामध्ये काहीच बदल करता येत नाही. त्याउलट मोटारगाडी मात्र खाजगी असते. व्यक्तीच्या मालकीची असते. ती त्याच्या स्वाधीन असते. त्याला स्वतःला किंवा त्याच्या कुटुंबाला कोठे जावयाचे, केव्हा जावयाचे, कोठे थांबावयाचे हे ठरविता येते. सार्वजनिक वाहनांच्या वेगाने मोटारीला प्रवास करता येतो. खरे म्हणजे थोड्या जास्त वेगाने. मोटारगाडीच्या मालकाला केवळ प्रतिष्ठाच लाभते असे नव्हे तर त्याला संचाराचे स्वातंत्र्य पण असते. द्रुतगतीने वाटेल तिकडे जाता येते. चालणाऱ्या माणसालासुद्धा हे सारे स्वातंत्र्य असते हे खरे. परंतु कमी पडते ती त्याच्या पायाची गती. मोटारीमुळे माणसाला जणू प्रचंड गतिमान असे पायच लाभले आहेत. थोडक्यात ह्या शतकात तेलाकडून माणसाला मिळालेली मोटार व विमान ही दोन वरदाने होत !

प्रगत देशामध्ये शेतीकामासाठी म्हणजे शेतावरील सर्व कामांसाठी इंजिन-यंत्रांचा उपयोग करतात. नांगरणी, पेरणी, पाणी देणे, खते घालणे, पीक कापणे, झोडपणे, मळणे, निवडणे वगैरे सर्व कामे यंत्रेच करतात. त्याचप्रमाणे फळबागांमध्ये, फळे तोडणे, त्यांची निवड करणे, प्रतवारी लावणे, पेट्या भरणे, पॅक करणे वगैरे कामे यंत्रेच करीत असल्यामुळे शेतकऱ्याचे श्रम व वेळ हे बाचले आहेत.

गतीमान यंत्राच्या भागांच्या घर्षणामुळे झीज होते. परंतु खनिज तेलातून मिळणारे वंगणाचे तेल वापरल्याने घर्षण थोडे होते व यंत्राची झीज बरीच कमी होते.

तेल हे प्रवाही असल्यामुळे नळातून ते कोठेही नेता येते. कोळशामुळे होणारी काजळी व धूर ही तेलाच्या बाबतीत नसल्यामुळे त्याचा वापर करताना कोठे घाण नाही की काळेपणा नाही. शिवाय तेल हे इंधन स्वस्तही पडते. अशा ह्या कारणांमुळे तेलाचा वापर सारखा वाढत आहे. उष्णता व प्रकाश ह्यांच्यासाठी विद्युतशक्तीचा आपण वापर करतो. तरीपण वीजनिर्मितीसाठी जनित्रामध्ये तेलच वापरावे लागते असा हा तेलाचा सर्वव्यापी उपयोग आहे.

आजकाल यंत्रांकडून आपल्या सुखी व समृद्ध जीवनासाठी किती प्रचंड शक्ती आपण प्राप्त करून घेत असतो, ह्याची कल्पना एका शास्त्रज्ञाने केलेल्या हिशेबावरून चांगलीच स्पष्ट होईल. एखाद्या हुकूमशहाने सर्व यंत्रांना एक वर्ष रजा देऊन यंत्रबळाच्या ऐवजी माणसांचे बाहुबल एवढेच वापरावयाचे असे ठरविले तर काय होईल ? आपली संस्कृती व जीवनमान आज आहे तेवढेच समृद्ध व सुखी ठेवावयाचे तर त्यासाठी जगातील साऱ्या लोकसंख्येच्या पाचपट एवढ्या प्रचंड संख्येने गुलाम (पृथ्वीबाहेरून) आणावे लागतील व त्यांना दररोज १० तास ह्याप्रमाणे सुटी न घेता वर्षभर काम करावे लागेल. आधुनिक यंत्रबळाचे केवढे हे मोठे काम ? ह्या यंत्रांना लागणाऱ्या इंधनाचा विचार करता, त्यातील निम्मा भाग प्रगत देशामध्ये तेलाकडून पुरविला जातो. अमेरिकेसारख्या विशेष प्रगत देशामध्ये ७० टक्के गरज तेलच भागविते.

ह्या संदर्भामध्ये भारताचे चित्र बरेच वेगळे आहे. काही वर्षांपूर्वी (१९५४ साली) भारताच्या शक्ती-उत्पादनाचे विविध प्रकार ह्यांचा आराखडा प्रसिद्ध

झाला होता. त्यातील माहिती चांगलीच उद्बोधक आहे. सर्व शक्तीप्रकार तुलनेसाठी एका मापाने मोजता यावे म्हणून विशिष्ट प्रकारची (मग ती विद्युत असो की बाहुबल असो) शक्ती एवढी शक्ती यंत्रातून निर्माण करावयाची तर त्यासाठी इंधन म्हणून किती कोळसा लागेल ह्याचा हिशेब करतात. त्यामुळे सर्व शक्तीप्रकारांचे कोळशाचे वजन परिमाणामध्ये सममूल्य काढता येते. तीच मापनपद्धती पुढील कोष्टकात बापरली आहे.

भारतामध्ये शक्ती-उत्पादनाचे स्वरूप

कोष्टक क्र. ४.१

(१) औद्योगिक क्षेत्रातील शेकडेवारी				
कोळसा	..	..	१३.२ टक्के	१७.८ टक्के
विद्युत	..	..	२.२ टक्के	
तेल व तैल पदार्थ	..	..	२.४ टक्के	
(२) घरगुती कामासाठी				
लाकूड	..	..	४.५ टक्के	४६.६ टक्के
शेण व गोवऱ्या	..	..	४२.१ टक्के	
(३) शेती कामासाठी				
मानवी बाहुबल	..	..	३.७ टक्के	३५.६ टक्के
पशुबल	..	..	३०.९ टक्के	
बैलगाडी	..	..	१.०	

भारताला लागणाऱ्या सर्व शक्तींमध्ये ४२.१ टक्के एवढा भाग शेणाच्या गोवऱ्या जाळून मिळतो. ह्या गोष्टीकडे लक्ष वेधणे आवश्यक आहे. शेणाचा खत म्हणून उपयोग न होता जळण म्हणून त्याचा उपयोग करून आपण शेतीचे उत्पादन कमी करीत आहोत. गोवऱ्यांचा इंधन म्हणून उपयोग हे केवळ मागासलेपणाचे लक्षण नसून ते आपल्या अज्ञानाचे पण लक्षण आहे.

भारतामध्ये दरमाणशी दरसाल एक-दशांश टन कोळसा जाळून जेवढी शक्ती प्रकट होते तेवढी शक्ती विविध कामांसाठी लागते. हेच प्रमाण

अमेरिकेमध्ये १० टन म्हणजे १०० पट आहे. इंग्लंडमध्ये हेच प्रमाण ६० पट तर रशियामध्ये ३० पट आहे. जगाची सरासरी १२ पट एवढी मोठी आहे. ह्यावरून तुलनेने आपण जगाच्या किती मागे आहो व पुढे किती वाटचाल करावयाची आहे ह्याची कल्पना येते. पूर्वीच्या मानाने आता भारत प्रगतिपथावर आहे हे निश्चित; परंतु वेग मात्र मंद आहे.

तेलधंद्याचे एक वैशिष्टय मोठे गमतीचे आहे. जगामध्ये तेल ४०–४५ देशांमध्येच आढळते. त्यापैकी बरेच देश अविकसित किंवा मागासलेले आहेत. दक्षिण अमेरिका व मध्य-पूर्वेची अरब राष्ट्रे ह्यामध्ये खनिज तेलाचे बरेच मोठे उत्पादन होते. तेल उत्पादक देशांपैकी काही देशांचे अर्थसंकल्प केवळ तेलाच्या स्वामित्वावर आधारलेले आहेत. अशा तऱ्हेने भूमिगत तेलसंचय ही एक प्रकारे काही मागासलेल्या देशांचे गुप्तधन आहे. त्याचा फायदा तेल उत्पादक देशांना पुऱ्या प्रमाणात मिळत आहे.

खरे म्हणजे अमेरिकेसारखा प्रगत व एका वेळचा तेलसंपन्न देश तेलाच्या वाढत्या उत्पादनामुळे व वाढत्या वापरामुळे, आरंभी तेलाची निर्यात करणारा देश गेल्या महायुद्धानंतर तेलाची आयात करू लागला. अमेरिकेचे भूमिगत तेलसंचय आता आटू लागले आहेत. ह्या उलट मध्य-आशियासारख्या देशांमध्ये तेलाचे उत्पादन गेल्या महायुद्धानंतर विशेष मोठ्या प्रमाणावर होऊ लागले आहे एवढेच नव्हे तर त्या देशांमध्ये तेलासाठी पूर्वेक्षण (prospecting) केल्यानंतर, त्या ठिकाणी जगातील साऱ्या तेलाच्या साठ्यापैकी ५० टक्क्यांपेक्षाही जास्त तेलसंचय असल्याचे आढळून आले आहे. अशातऱ्हेने एकावेळी मागासलेल्या लहान देशांकडे नजीकच्या भविष्य काळामध्ये तेलाची बरीचशी मक्तेदारी येणार आहे आणि त्या आनुषंगाने त्यांना जागतिक राजकारणामध्ये महत्त्व प्राप्त होणार आहे.

तेल उत्पादनामध्ये रशियाला वेगळेच महत्त्व आहे. ह्या शतकाच्या आरंभी बाकू येथील तेलखाणीमुळे रशियाला तेल व्यवसायामध्ये महत्त्व प्राप्त झाले होते. रशियातून परदेशी तेल निर्यात होत असे. आज रशियाला आपल्या वाढत्या गरजांसाठी, विशेषतः यांत्रिक शेतीमुळे काही प्रमाणात तेल आयात करावे लागत आहे. तरीपण रशियाचा विस्तीर्ण भूप्रदेश व तेथे तेलासाठी झालेल्या

पूर्वेक्षणामध्ये आढळून आलेला भूमिगत तेलसंचय लक्षात घेता रशियाला राजकीय महत्त्वाबरोबर तेल उत्पादनामध्ये पण अग्रस्थान मिळण्याचा संभव आहे. ही सारी खनिज तेलाची कृपा.

थोडी पार्श्वभूमी

खनिज तेलाचा प्रभाव ह्या शतकामध्ये प्रामुख्याने जाणवला असला तरी त्याचा इतिहास फार जुना आहे. पाण्याचे झरे सर्वत्र आढळतात. तरीपण कोठे कोठे ह्या झऱ्यातून येणाऱ्या पाण्यावर तेलाचा तवंग किंवा जमिनीतून झिरपून वर आलेले तेल ही प्राचीन काळापासून लोकांच्या परिचयाची असली पाहिजेत. परंतु त्याचा उपयोग कोणालाच माहीत नसावा असे वाटते. वारा, सूर्याची तीव्र उष्णता ह्यांच्या साहाय्याने ह्या तेलाची वाफ होऊन गेल्यावर मागे उरलेल्या ॲस्फाल्टचे म्हणजे डांबराचे उपयोग माहीत असावे असे आढळून येते. ७,००० वर्षांपूर्वी, बॅबिलोनियाच्या संस्कृतीचा उगम होण्यापूर्वी कॅल्डिस लोकांच्या शहरांच्या उत्खननामध्ये डांबराचा वापर होत असल्याचे आढळून आले आहे. भिंतीच्या विटा जोडण्यासाठी चुन्याऐवजी ॲस्फाल्ट वापरलेले आढळते. बॅबिलोनियामध्ये रस्ते व पायवाटा बांधण्यासाठी व दगडविटांचे बांधकाम करण्यासाठी ॲस्फाल्टचा वापर करीत असत.

कॅस्पियन समुद्राच्या काठी बाकू शहराच्या आसपास जमिनीतून झिरपणारे तेल व नैसर्गिक वायू ह्यांच्या ज्वलनामुळे निघणारी अखंड 'अग्निज्योत' ही जुन्या इराणी लोकांच्या धर्मभावनांशी निगडित आहे. ह्या नैसर्गिक अग्निज्योतीचे दर्शन घेण्यासाठी लांबून लांबून भाविक लोक येत असत. त्यामध्ये भारतीय लोकही असत.

होड्या, गलबते व त्यावर वापरावयाची दोरखंडे ही पाण्यामध्ये कुजू नये म्हणून त्यांना ॲस्फाल्टचे लेपन लावण्याची पद्धत पुरातन काळापासून आजतागायत चालू आहे. इजिप्तमध्ये ॲस्फाल्टचा उपयोग अगदी निराळ्या कामी होत असल्याची नोंद आहे. मृत देहांचे परिरक्षण करण्यासाठी म्हणजे 'ममी'-साठी ॲस्फाल्टचा उपयोग करीत असत. इजिप्तच्या लोकांचा ॲस्फाल्टला प्रतिशब्द 'ममिया' असा आहे.

औद्योगिक विकासाच्या आधुनिक इतिहासामध्ये १८५९ सालाचे एक महत्त्वपूर्ण वर्ष म्हणून ठळक अक्षरात नोंद करावी लागेल. भारताच्या पहिल्या स्वातंत्र्य संग्रामानंतर दोन वर्षांनी म्हणजे १८५९ साली निश्चितपणे तेल काढण्यासाठीच विहिरी खोदण्यात आल्या व विहिरीतून तेल बाहेर काढण्यात आले. जगातील फार मोठ्या व बऱ्याच खर्चाच्या पण तेवढ्याच महत्त्वाच्या उद्योगाची पायाभरणी झाली.

तेल-विहिरींना थोडा पूर्वेतिहास आहे. १८०६ सालच्या आसपास पश्चिम व्हर्जिनिया ह्या अमेरिकेच्या एका राज्यामध्ये खोल विहिरीतून खारट पाणी बाहेर काढून, त्यापासून ' मीठ ' पिकवीत असत. परंतु एकदा एका विहिरीतून बाहेर काढलेले खारट पाणी स्वच्छ नव्हते. पाण्याला तेलकट वास आला व पाण्यावर तेलाचा तवंग दिसू लागला. हे अशुद्ध खारट पाणी पाहून मीठ पिकविणाऱ्या लोकांची भयंकर निराशा झाली. तेलाचा वास असलेले मीठ कोण विकत घेणार ? ह्या विहिरी निरुपयोगी म्हणून त्यानी नाईलाजाने सोडून दिल्या. पाण्यातील ह्या अपद्रव्याला उज्वल भविष्यकाळ आहे हे त्यावेळी लोकांना कसे कळणार ? पाण्यातील अशा ह्या अपद्रव्याकडे येल विद्यापीठातील रसायनशास्त्राच्या प्राध्यापकांचे लक्ष वेधण्यात आले. त्यांनी पाण्यातील तेलाचा रसायनशास्त्रदृष्ट्या अभ्यास करून हे तेल व्हेल माशाच्या तेलाप्रमाणे दिव्यामध्ये जळणारे आहे व त्याचा वंगणासाठी सुद्धा उपयोग करता येईल असा आपला अभिप्राय कळविला.

त्यानंतर १८५९ साली पेनसिल्वानियामधील टिटसविले ह्या गावी तेलासाठी विहीर खोदण्यात आली. रशियामध्ये १८४० सालीच ३,००० टन तेल बाहेर काढण्यात आल्याचा निर्देश आढळतो. अमेरिकेच्या पहिल्या प्रयत्नामध्ये सुदैवाने २२ मीटरवर (७० फुटावर) तेल लागले. ह्या कामी पुढाकार घेतला होता तो कर्नल एडविन ड्रेक ह्यांनी. ड्रेक हे फार मोठे उत्साही, धडाडीचे व खटपटी गृहस्थ होते. ड्रेक ह्यांचा कर्नल हा लष्करी हुद्दा नव्हता. परंतु आपल्या नावाला प्रतिष्ठा लाभावी व लोकांमध्ये विश्वास निर्माण व्हावा ह्या उद्देशाने हा किताब त्यांनी स्वतः होऊन धारण केला होता. त्यावेळी इंजिन-शक्तीचा उपयोग पाण्यासाठी विहिरी खोदण्यासाठी व पाणी वर काढण्यासाठी होत होता. ड्रेक ह्यानी तेच तंत्र

वापरून तेल-विहिरी खोदल्या. त्यावेळचे तंत्र अगदी सामान्य व अविकसित असे होते.

ड्रेक ह्यांनी खाणीतून काढलेले तेल अगदीच कलाहीन, अस्वच्छ व बुळबुळीत असे दिसे. त्याबद्दल कोणाला आकर्षण वाटेल असे त्याच्या रूपामध्ये काहीच नव्हते. उलट घृणा वाटावी असाच त्याचा वास, रंगरूप ही होती. म्हणूनच त्याला इंग्रजीत ' क्रूड ' तेल म्हणजे अशुद्ध, असंस्कारित तेल असे म्हणतात.

ह्या अशुद्ध तेलाचे शुद्धीकरण भट्टीमध्ये ऊर्ध्वपातन केल्यावर त्यामधून वाढत्या तपमानाप्रमाणे, प्रथम पेट्रोल, नंतर केरोसीन व नंतर इतर द्रव्ये निघतात. ह्यापैकी केरोसीनशिवाय इतर द्रव्यांचा आरंभकाळी काहीच उपयोग नव्हता. तेलशुद्धीकरण कारखान्यामध्ये साचणारी निरुपयोगी अडगळ जाळून नाहीशी करावी लागे. भट्टीमध्ये केरोसीनचे ऊर्ध्वपातन होण्यापूर्वी पहिल्याप्रथम ऊर्ध्वपातन होणारे द्रव्य म्हणजे गॅसोलिन किंवा पेट्रोल. परंतु ते शीघ्र ज्वालाग्राही असल्या-मुळे वातीच्या दिव्यांसाठी त्यांचा उपयोग होण्यासारखा नव्हता. शिवाय त्याची ज्योत फिकट निळी व तेजहीन असल्यामुळे प्रकाश मिळविण्याच्या दृष्टीने पेट्रोल फारसे उपयोगी नाही. वातीच्या दिव्यांमध्ये वापरावयाला केरोसीन हे उत्कृष्ट तेल आहे. केरोसीन तेल सहजासहजी पेट घेत नाही. थोडे तापविल्यावर ते जळू लागते. केरोसीन दिव्याची वात एकदा जळू लागली मग मात्र ती सतत जळत राहते. शिवाय ती ज्योत चांगली प्रकाशमयी असते. त्यामुळे कंदिलामध्ये केरोसीनचा उपयोग होऊ लागला. दिवा किंवा कंदिल ह्यांच्यासाठी केरोसीनच्या उपयुक्ततेमुळे अमेरिकेचे केरोसीन तेल जगभर लोकप्रिय झाले. गरिबापासून श्रीमंतापर्यंत, चीनपासून आफ्रिकेपर्यंत लोकांची घरे अमेरिकेच्या केरोसीन तेलाने प्रकाशमान होऊ लागली. जगातील सर्व ठिकाणाहून तेलाची मागणी येऊ लागली. तेलाची मागणी सारखी वाढत होती.

तेलाच्या धंद्यात बराच पैसा मिळतो हे कळल्याबरोबर बऱ्याच कंपन्यांनी भांडवल जमवून तेलाच्या खाणींचा शोध सुरू केला. परंतु पृष्ठभागावर राहून तेल खाली नेमके कोठे सापडेल हे निश्चितपणे सांगणे त्यावेळी कोणालाच शक्य नव्हते. आजही भूशास्त्राचे विशेष ज्ञान व प्रगत तंत्र वापरूनही ह्या विषयीची

अनिश्चितता काही प्रमाणात कायम आहे. मोठ्या अपेक्षेने विहीर खोदावी व ती कोरडीच निघावी असे अनुभव आरंभी पुष्कळ येत. ह्यामध्ये बराच पैसा वाया जाई व कंपनीच्या प्रवर्तकांचा उत्साह व उमेद ह्यावर विरजण पडे. नव्या कंपन्या उदयाला येत होत्या. परंतु जुन्या कंपन्यांचे दिवाळे निघत होते. तेलाचा शोध हा त्यामुळे एक जुगार होऊन बसला. केव्हा लक्षाधीश तर केव्हा भिक्षाधीश. व्यवहारामध्ये शहाण्या झालेल्या कंपन्या एकत्र येऊन, त्यांनी महामंडळे (Corporations) स्थापन केली. महामंडळांनी मोठ्या प्रमाणावर तेलासाठी खाणी खणून यश व अपयश ह्यांचा योग्य मेळ घातला. त्यामुळे महामंडळे टिकून राहिली. एवढेच नव्हे तर त्यांची चांगली भरभराट होऊ लागली. केरोसीनचा उपयोग दिव्यांसाठीच होई.

केरोसीनचे उत्पादन वाढू लागले त्याबरोबरच पेट्रोल ह्या द्रव्याची निर्मिती पण वाढू लागली. दिव्यांसाठी त्याचा उपयोग नसल्यामुळे पेट्रोल जाळून त्याचा नाश करावा लागे. एवढ्या प्रचंड पेट्रोल साठ्याचा नाश करावा लागणे ह्या गोष्टीमुळे शास्त्रज्ञ अस्वस्थ होणे साहजिकच होते. वाया जाणाऱ्या पेट्रोलचा काही उपयोग करता येईल का ? ह्या दृष्टीने शास्त्रज्ञ व तंत्रज्ञ ह्यांचे प्रयत्न चालू झाले. त्यांना यश आले. परंतु त्याचे श्रेय मात्र अमेरिकेच्या संशोधकांना न मिळता ते जर्मन संशोधकांकडे गेले.

१८६६ साली प्रथमच ऑटो (Otto) ह्या जर्मन संशोधकाने अन्तर्दहन (internal combustion) इंजिने शोधून काढली. त्यालाच चतुर्घात चक्र इंजिने (four-cycle engines) असे म्हणतात. त्यानंतर रुडाल्फ डीझेल ह्यांनी द्विघातचक्र (two-cycle) इंजिने ह्यांचा शोध लावला. ह्या इंजिनाचे आरंभीचे प्रयोग यशस्वी झाले नाहीत. नंतर ह्यामध्ये बऱ्याच सुधारणा केल्यावर १८९७ साली डिझेल इंजिनाचा वापर प्रथम सुरू झाला. डिझेल इंजिनासाठी पेट्रोलप्रमाणे डिझेल ऑईलसारख्या जास्त उत्कलनांक असणाऱ्या तेलाचा उपयोग करता येतो. डिझेल तेलाची ज्वालाग्राहिता बरीच कमी आहे. डिझेल इंजिने थोडी मोठी व बळकट असल्यामुळे, त्यांचा उपयोग ट्रक, आगबोटी, आगगाड्या ह्यासाठीच मुख्यत: होत असतो. सामान्यपणे खाजगी मोटारगाड्यांसाठी चतुर्घातचक्र इंजिने म्हणजे ऑटो-इंजिने जास्त लोकप्रिय

झाली आहेत. त्याकरिता फक्त पेट्रोलच वापरता येते. पेट्रोलचा खप वाढवा-वयाचा तर पेट्रोल वापरणाऱ्या गाड्यांची संख्या वाढली पाहिजे. ही वाढ नेहमीप्रमाणे म्हणजे इतर क्षेत्रात होते तशीच मंदगतीने झाली असती.

परंतु औद्योगिक क्षेत्रातील एक द्रष्टे हेन्री फोर्ड ह्यांनी प्रचंड उत्पादनाच्या नवीन तंत्रांचा अवलंब करून मोटारगाड्यांची मोठ्या प्रमाणावर निर्मिती सुरू केली. खरे म्हणजे हेन्री फोर्ड ह्यांच्या प्रचंड उत्पादनाच्या अभिनव तंत्रांचे अनुकरण इतर क्षेत्रातही होऊ लागले. औद्योगिक क्षेत्रातील भरघोस वाढीमागे हेच रहस्य आहे. सर्वसाधारण ग्राहकाला परवडतील अशा वस्तू साहजिकच स्वस्त असल्या पाहिजेत. वस्तूची गुणवत्ता कायम राखून, तिची किंमत कमी करण्याचा एकच मार्ग असतो आणि तो म्हणजे वस्तूचे प्रचंड प्रमाणावर उत्पादन करणे. उत्पादन जास्त तेवढ्या प्रमाणात वस्तूची किंमत कमी. त्यामुळे खप जास्त तेवढा व्यापारी फायदाही जास्त. अमेरिकेच्या आरंभीच्या समृद्धीचे व सुबत्तेचे हेच मर्म होते. सुवर्णयुगाचे लोण समाजातील सर्व स्तरापर्यंत पोहोचविण्याचा हाच खरा यशस्वी मार्ग.

हेन्री फोर्डने १९०९ साली आरंभ केला तो १० हजार मोटारी विकून. त्यावेळी त्यांची किंमत ९४० डॉलर एवढी होती. अमेरिकेमध्ये सुद्धा हा मोठा विक्रमच मानला गेला. परंतु तो केवळ आरंभ होता. पुढील ५-६ वर्षात त्याने अडीच लाख गाड्या विकून नवीन उच्चांक गाठला. आणि तो सुद्धा मोटारींची किंमत निम्मी करून. छापखान्याच्या शोधामुळे मोठ्या प्रमाणावर पुस्तके छापून ती स्वस्त किंमतीत उपलब्ध झाल्यामुळे गरिबापासून श्रीमंतापर्यंत सर्वांना पुस्तके विकत घेणे शक्य झाले. विद्या, ज्ञानभांडार सर्वांना खुले झाले. तेच श्रेय हेन्री फोर्ड ह्यांच्या निर्मितीतंत्राला आहे. अमेरिकेमध्ये तरी मोटारगाडी ही आता श्रीमंतांची मिरासदारी राहिलेली नाही.

गेली काही वर्षे मोटारगाड्यांची संख्या एवढी वाढली की पेट्रोलची मागणी केरोसीनपेक्षाही जास्त होऊ लागली. खनिज तेलामध्ये 'नैसर्गिक'रीत्या असणारे पेट्रोल अपुरे पडू लागले. त्यामुळे खनिज तेलातील इतर भागांपासून रासायनिक प्रक्रिया करून 'रासायनिक' पेट्रोल बनविण्याची गरज पडू लागली.

ही वाढती मागणी पुरविण्यामध्ये तेलशुद्धीकरण तंत्रामध्ये बदल करावे लागले. त्यामधून तयार होणारे कार्बनी वायू ह्यांचे प्रमाण वाढू लागले. ह्या वायूंची वाढती अडगळ शुद्धीकरण कारखान्यांना जाणवू लागली. अडगळ जाळून नष्ट करणे हा एकमेव मार्ग कारखानदारांपुढे होता. ह्या बहुमोल द्रव्याचा उपयोग कसा करावयाचा ही नवीन समस्या शास्त्रज्ञांपुढे उभी राहिली.

रसायनशास्त्र व संश्लेषित कार्बनी रसायनशास्त्र ह्यांची प्रगती होत गेली आणि आता ह्या वायूंपासून व इतर द्रव्यांपासून पुष्कळ उपयुक्त द्रव्ये तयार करण्याचे मार्ग सापडले आहेत. आल्कोहोल, रबर, प्लॅस्टिक, औषधे, जंतुनाशके अशा उपयुक्त कितीतरी द्रव्यांची निर्मिती निरुपयोगी वायू व अन्य द्रव्ये ह्यांच्यापासून होऊ लागली. एवढेच काय तर गेल्या १५–२० वर्षांत 'पेट्रोरसायने' हा रसायनशास्त्राचा नवीन विभाग चांगलाच नावारूपाला आला आहे. ह्या साऱ्या प्रगतीच्या मागे शेकडोच नव्हे तर हजारो शास्त्रज्ञ, तंत्रज्ञ, यंत्रविशारद उभे आहेत. शास्त्रज्ञांचे संशोधन व यंत्रज्ञांची कल्पकता ह्यामुळेच प्रगतीचा हा उच्च बिंदू गाठणे शक्य झाले आहे.

गेल्या १०० वर्षांत विविध क्षेत्रात, विशेषतः औद्योगिक क्षेत्रात झालेली प्रगती लक्षात घेतली तर कोणालाही आश्चर्य वाटेल. एवढ्या अल्पकाळात एवढी मोठी प्रगती असाधारण अशीच आहे. ह्याचे श्रेय एकाच वस्तूला द्यावयाचे असेल तर 'खनिज तेल' ह्या वस्तूकडे बोट दाखवावे लागेल. आज जगामध्ये दररोज दोन अब्ज टनांपेक्षाही जास्त खनिज तेल वापरले जाते. ह्यालाच 'काळे सोने' किंवा यंत्रांच्या कार्यक्षमतेसाठी लागणारी यंत्रांची 'रक्तवाहिनी' असे म्हणतात ते यथार्थ आहे. असे हे तेलाचे नवीन युग आहे.

□ □

प्रकरण पाच

कार्बनी रसायनांची मूलतत्त्वे

साऱ्या विश्वामधील विविध पदार्थांची घडण करण्यासाठी लागणारी मूलद्रव्ये सुमारे ९० असल्याचा शोध रसायनशास्त्रज्ञांनी लावला आहे. परंतु त्यामधील बरीच मूलद्रव्ये दुर्मिळ आहेत. ती आपल्या नेहमीच्या पदार्थांमध्ये आढळत नाहीत. हवा, पृथ्वी, समुद्र ह्यामध्ये आढळणाऱ्या सर्वसाधारण पदार्थांची घडण केवळ तीस मूलद्रव्यांनी झालेली आहे. रसायनशास्त्रदृष्ट्या शुद्ध द्रव्यांची घडण मूलद्रव्यांच्या अणूंच्या संयोगामुळे होते व त्या द्रव्यांचे रेणू बनतात. अणू व रेणू ह्यांची आपल्या विषयाच्या अनुरोधाने ढोबळ कल्पना देता येईल. अणू म्हणजे मूलद्रव्याचा लहानातला लहान कण. हेच कण रासायनिक संयोगामध्ये भाग घेतात. परंतु संयुगाच्या लहानातल्या लहान कणाला रेणू म्हणतात. त्याचप्रमाणे वायूरूप मूलद्रव्यांचे दोन अणू एकत्र येऊन रेणू बनतो. मूलद्रव्यांची यादी पुढे कोष्टक क्र. ५.१ मध्ये दिलेली आहे. मूलद्रव्यांच्या नावापुढे रसायनशास्त्रज्ञ वापरतात ती मूलद्रव्यांची चिन्हे किंवा संक्षिप्त नावे दिलेली आहेत. ही नावे म्हणजे मूलद्रव्याच्या अणूंची नावे आहेत. काही मूलद्रव्ये घनरूप आहेत तर काही द्रवरूप किंवा वायूरूप आहेत. त्यांचे थोडक्यात वर्णन पण दिलेले आहे. मूलद्रव्यांची चिन्हे ही आंतरराष्ट्रीय आहेत. ती तशीच ठेवण्यात आलेली आहेत. त्यांचा क्रम साधारणपणे इंग्रजी आद्य अक्षरानुसार आहे.

कोष्टक क्र. ५.१

मूलद्रव्याचे नाव	चिन्ह	वर्णन
ॲल्युमिनिअम	Al	.. हलका, रुपेरी धातू
बेरिअम	Ba	.. मृदू व चकाकणारा धातू
ब्रोमिन	Br	.. जड व उदी रंगाचा द्रव
कॅल्शिअम	Ca	.. हलका व चकाकणारा धातू

मूलद्रव्याचे नाव	चिन्ह	वर्णन
कार्बन ..	C ..	काळा घन पदार्थ किंवा स्वच्छ स्फटिक (हिरा)
क्लोरीन ..	Cl ..	हिरवट पिवळा वायू
कोबाल्ट ..	Co ..	ठिसूळ राखी रंगाचा धातू
कॉपर (तांबे) ..	Cu ..	मृदू लालसर धातू
फ्लोरीन ..	F ..	पिवळसर वायू
सुवर्ण ..	Au ..	जड मऊ पिवळा धातू
हायड्रोजन ..	H ..	हलका रंगहीन वायू
आयोडिन ..	I ..	गडद जांभळे स्फटिक
लोह ..	Fe ..	राखी रंगाचा धातू
शिसे ..	Pb ..	जड मऊ निळसर राखी धातू
लिथिअम ..	Li ..	हलका मृदू शुभ्र धातू
मॅग्नेशिअम ..	Mg ..	हलका शुभ्र धातू
मँगनीज ..	Mn ..	ठिसूळ राखी पांढरा धातू
पारा (मर्क्युरी) ..	Hg ..	जड रुपेरी द्रव धातू
निकेल ..	Ni ..	घट्ट शुभ्र धातू
नायट्रोजन ..	N ..	रंगहीन वायू
ऑक्सिजन ..	O ..	रंगहीन वायू
फॉस्फरस ..	P ..	मेणासारखे घनरूप द्रव्य
पोटॅशिअम ..	K ..	हलका मऊ चंदेरी धातू
सिलिकॉन ..	Si ..	ठिसूळ राखी स्फटिक
चांदी ..	Ag ..	जड चकाकणारा शुभ्र धातू
सोडिअम ..	Na ..	हलका मऊ चंदेरी धातू
गंधक ..	S ..	पिवळसर ठिसूळ स्फटिक
कथिल ..	Sn ..	चंदेरी शुभ्र धातू
टायटेनिअम ..	Ti ..	चकाकणारा शुभ्र धातू
जस्त ..	Zn ..	ठिसूळ निळसर पांढरा धातू

ह्यापैकी काही मूलद्रव्ये मूळ स्वरूपामध्ये आढळत नाहीत. सामान्यपणे ती दुसऱ्या कोणत्यातरी एक किंवा अधिक मूलद्रव्यांशी जोडलेली म्हणजे संयोग पावलेली असतात.

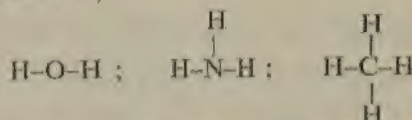
ह्या मूलद्रव्यांपैकी हायड्रोजन, कार्बन, नायट्रोजन व ऑक्सिजन ह्यांना अग्रगण्य मूलद्रव्ये मानतात. आपल्या जीवनाशी संबंध येणाऱ्या पदार्थांचे विश्लेषण केल्यास, त्यांमध्ये हीच चार द्रव्ये प्रमुख असल्याचे आढळून येईल. कार्बन ह्या एक मूलद्रव्यापासून तयार होणाऱ्या पदार्थांची यादी केली तर त्यामधील रासायनिक पदार्थ लाखांनी मोजावे लागतील. एवढे हे महत्त्वाचे

मूलद्रव्य आहे. हा मान इतर दुसऱ्या कोणत्याही मूलद्रव्याला मिळालेला नाही. कार्बन ह्या मूलद्रव्यामध्ये एवढे रासायनिक पदार्थ तयार करण्याचे सामर्थ्य आले तरी कशामुळे ? हे समजण्यासाठी 'संयुजा' म्हणजे काय किंवा संयुजा कशाला म्हणतात, ह्याचबरोबर कार्बन ह्या मूलद्रव्याची काही वैशिष्टये माहीत करून घेणे आवश्यक आहे.

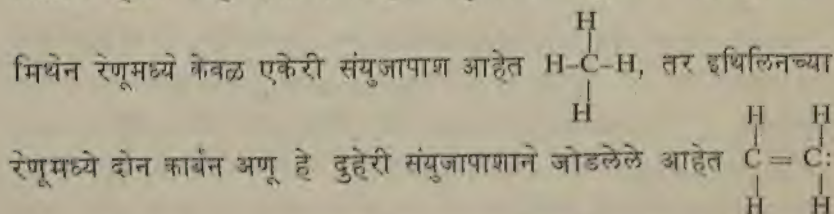
कोणत्याही रासायनिकदृष्टया शुद्ध असलेल्या द्रव्यामध्ये असलेली मूलद्रव्ये ही केवळ एकत्र मिसळलेली नसतात. म्हणजे त्यांचे ते मिश्रण नसून तो त्यांचा रासायनिक संयोग असतो. संयोग होऊन बनलेल्या द्रव्याला संयुग म्हणतात. मिश्रण व संयुग ह्यामधील भेद स्पष्ट करण्यासाठी सोयीचे उदाहरण म्हणजे आपल्या खाण्यात येणारे मीठ. मिठामध्ये सोडिअम हा धातू व क्लोरीन हा वायू ही दोन मूलद्रव्ये असतात. सोडिअम हा चकाकणारा मऊ धातू पाण्यात पडल्यास पाण्याशी प्रक्रिया होणारा असा धातू आहे. क्लोरीन हा उग्र वासाचा, नाकाला झोंबणारा असा वायू आहे. ह्याचे केवळ मिश्रण केले तर त्या मिश्रणाचे गुणधर्म म्हणजे दोनही मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांची बेरीज झाली असती. परंतु त्या द्रव्यांचा रासायनिक संयोग होऊन 'संयुग' बनतो तेव्हा मूलद्रव्यांच्या गुणांचा लोप होऊन नवीन गुणधर्म असलेले मीठ हे तयार होते. ह्या उदाहरणावरून मिश्रण व संयुग ह्यामधील फरक स्पष्ट होईल. सोडिअम व क्लोरीन ह्यांच्या संयुगाला स्वतंत्र नाव आहे ते सोडिअम क्लोराइड. ही नावे देण्यामध्ये काही संकेत आहेत, काही नियम आहेत. रासायनिक संयोग हा मूलद्रव्यांच्या अणूंचा होतो. मूलद्रव्यांच्या अणूंचा संयोग होऊन संयुगाचा रेणू बनतो. रेणूंचे गुणधर्म व घटक अणूंचे गुणधर्म भिन्न भिन्न असतात हे मिठाच्या उदाहरणावरून स्पष्ट होईल.

दोन किंवा अधिक मूलद्रव्यांचा संयोग होतो तेव्हा एका मूलद्रव्याच्या अणूबरोबर दुसऱ्या मूलद्रव्याच्या अणूंचा संयोग होतो. एका अणूशी दुसरे किती अणू संयोग पावतील म्हणजे प्रत्येक अणूची संयोगक्षमता किती आहे हे त्या मूलद्रव्यावर अवलंबून असते. ह्या संयोगक्षमतेलाच अणूची 'संयुजा' असे म्हणतात उदाहरणार्थ, हायड्रोजन अणूची संयुजा एक आहे, ऑक्सिजन अणूची दोन, नायट्रोजन अणूची तीन व कार्बन अणूची चार आहे. हायड्रोजन व इतर तीन मूलद्रव्यांचे अगदी साधे संयुग म्हणजे पाणी, ॲमोनिआ व मिथेन हे होत. ह्या

संयुगाच्या रेणूंची सूत्रे लिहिण्याची रसायनशास्त्रीय पद्धत म्हणजे प्रथम मूल-द्रव्यांची चिन्हे लिहितात व अणूंची संख्या दाखविणारे अंक मूलद्रव्यांच्या चिन्हापुढे परंतु थोडे खाली लिहितात. अशा रचनेला सूत्र (formula) असे म्हणतात. वरील तीन द्रव्यांची सूत्रे : H_2O; NH_3; CH_4 अशी लिहितात. एक संयुजा दाखविण्यासाठी छोटी रेषा काढून पण ही सूत्रे लिहितात. ह्यांना रचना-सूत्रे म्हणतात. उदाहरणार्थ :



दोन अणू जोडावयाचे तर त्यासाठी प्रत्येक अणूची कमीत कमी एकेक संयुजा वापरली जाते. हस्तांदोलन करण्यासाठी एका व्यक्तीच्या हाताचा मिलाफ दुसऱ्या व्यक्तीच्या हाताशी व्हावा लागतो. त्याचप्रमाणे रासायनिक संयुगामध्ये प्रत्येक अणूच्या कमीत कमी एकेका संयुजेचा मिलाफ झाला पाहिजे. ह्याला एकेरी संयुजापाश म्हणतात. काही ठिकाणी एकाऐवजी दोन-दोन संयुजांचा मिलाफ होतो. त्याला दुहेरी संयुजापाश म्हणतात. त्याचप्रमाणे तीन-तीन संयुजांचा मिलाफ होतो तेव्हा त्याला तिहेरी संयुजापाश म्हणतात. उदाहरणार्थ :



मिथेन रेणूमध्ये केवळ एकेरी संयुजापाश आहेत H–C–H, तर इथिलिनच्या रेणूमध्ये दोन कार्बन अणू हे दुहेरी संयुजापाशाने जोडलेले आहेत C = C: परंतु सर्व हायड्रोजन अणू मात्र एकेरी पाशाने जुळलेले आहेत. अॅसिटिलिनचे सूत्र C_2H_2 असे आहे. त्याचा रेणू H–C≡C–H अशा तऱ्हेने लिहितात. कार्बन अणू तिहेरी संयुजापाशांनी जोडलेले आहेत आणि दोन्ही हायड्रोजन ह्यामध्ये दोन एकेरी पाशाने जोडलेले आहेत. ह्या रेणूंमध्ये प्रत्येक कार्बनच्या चार संयुजा कशा वापरल्या जातात हे समजून येईल.

कार्बन अणूचे एकेरी संयुजापाश हे घट्ट व स्थिर असतात. परंतु दुहेरी किंवा तिहेरी संयुजापाश हे अपेक्षेप्रमाणे जादा स्थिरता किंवा घट्टपणा दाखवीत

नाहीत. उलट ते पाश म्हणजे अस्थिरतेचे लक्षण आहे. असे कार्बनी रेणू दोन कार्बन अणूमधील आपली दुहेरी व तिहेरी संयुजा मोडून दुसऱ्या अणूशी संयोग पावून ती एकेरी संयुजा करण्याला उत्सुक असतात. म्हणूनच दुहेरी व तिहेरी संयुजापाश असलेल्या कार्बन अणूचे संयुग हे अस्थिर असतात. त्यांना 'असंतृप्त' कार्बन संयुगे म्हणतात, तर सर्वच एकेरी संयुजापाश असल्यास त्यांना 'संतृप्त' संयुगे म्हणतात.

कार्बन अणूचे आणखी एक महत्त्वाचे वैशिष्टच म्हणजे एक अणू दुसऱ्या अणूला, दुसरा तिसऱ्याला अशा तऱ्हेने कार्बन अणू एकमेकांना जोडून घेऊन वाटेल तेवढी लांबच लांब मालिका करू शकतात. ह्या सर्व वैशिष्टचामुळे कार्बनपासून तयार होणाऱ्या विविध रासायनिक द्रव्यांचा साकल्याने विचार करण्यासाठी 'कार्बनी रसायनशास्त्र' ही एक रसायनशास्त्राची स्वतंत्र शाखा झाली आहे. इतर मूलद्रव्ये व त्यांचे संयुग ह्यांचा विचार करणाऱ्या शाखेला 'अकार्बनी रसायनशास्त्र' असे म्हणतात. अकार्बनी अणू हे अणूला त्याच मूलद्रव्याचा दुसरा तिसरा अणू असे जोडून लांब साखळी बनवू शकत नाहीत. त्यामुळे कार्बन अणूंची साखळी बनविता येते हे त्या अणूचे वैशिष्टच आहे. कार्बनी रेणूंची संख्या एवढी मोठी वाढली ती त्यामुळेच.

कार्बन व हायड्रोजन ह्या दोन मूलद्रव्यांचे अणू वापरून आपल्याला कितीतरी रेणू प्रकार बनविता येतील. अशा रेणूंच्या द्रव्यांना हायड्रो-कार्बन संयुगे असे म्हणतात. बऱ्याच हायड्रो-कार्बन संयुगांचे उगमस्थान खनिज तेल हे आहे. हायड्रो-कार्बन द्रव्यांचा एक पोट-विभाग म्हणजे 'संतृप्त' हायड्रो-कार्बन संयुगे. रसायनशास्त्रदृष्टचा ही संयुगे फारशी क्रियाशील नसतात. ह्यांना 'पॅराफिन' असेही म्हणतात. पॅराफिन ह्याचा शब्दार्थ म्हणजे अत्यल्प आसक्ती. ह्या हायड्रो-कार्बन संयुगावर प्रयोगशाळेमध्ये वापरण्यात येणारी आम्ले, आल्के अशा 'अभिक्रियाकारकांचा' फारसा परिणाम होत नाही. ह्या संयुगातील कार्बनच्या वाढत्या संख्येप्रमाणे श्रेणी बनविता येते. उदाहरणार्थ मिथेन, इथेन, प्रोपेन, ब्युटेन, पेंटेन, हेक्झेन, हेप्टेन, ऑक्टेन, नॉनिन्, डिकेन व इतर ह्या श्रेणीचा मुळारंभ मिथेन हा आहे. ह्या श्रेणीतील घटकांचे सर्वसाधारण सूत्र $C_n H_{2n+2}$ असे देता येईल. त्यातील पहिला n हा कार्बनची अणुसंख्या दाखवितो व n ची

किंमत एक किंवा त्यापेक्षा कितीही जास्त असू शकेल. हायड्रोजनची अणुसंख्या कार्बनच्या अणूंच्या दुप्पट अधिक दोन एवढी असते. पुढील कोष्टकात (क्र. ५.२ मध्ये) सरलशृंखला हायड्रो-कार्बन संयुग-श्रेणी देण्यात आलेली असून त्यामध्ये त्यांची नावे, सूत्रे, रचनासूत्रे व उत्कलनांक दिलेले आहेत. काही हायड्रो-कार्बन रेणूंच्या पूर्वी येणारे 'n' हे अक्षर normal (म्हणजे 'सामान्य') ह्या शब्दाचे आद्याक्षर आहे.

कोष्टक क्र. ५.२

सरलशृंखला हायड्रो-कार्बन श्रेणी

नावे	सूत्र	रचनासूत्र	उत्कलनांक °से.
मिथेन ..	CH_4	$\begin{array}{ccc} & H & \\ & \vert & \\ H- & C & -H \\ & \vert & \\ & H & \end{array}$	−१६१.५°
इथेन ..	C_2H_6	$\begin{array}{ccccc} & H & & H & \\ & \vert & & \vert & \\ H- & C & - & C & -H \\ & \vert & & \vert & \\ & H & & H & \end{array}$	−८८.५°
प्रोपेन ..	C_3H_8	$\begin{array}{ccccccc} & H & & H & & H & \\ & \vert & & \vert & & \vert & \\ H- & C & - & C & - & C & -H \\ & \vert & & \vert & & \vert & \\ & H & & H & & H & \end{array}$	−४२.१°
n (सामान्य) ब्युटेन ..	C_4H_{10}	$\begin{array}{ccccccccc} & H & & H & & H & & H & \\ & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & \\ H- & C & - & C & - & C & - & C & -H \\ & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & \\ & H & & H & & H & & H & \end{array}$	−०.५°
n (सामान्य) पेंटेन ..	C_5H_{12}	$\begin{array}{ccccccccccc} & H & & H & & H & & H & & H & \\ & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & \\ H- & C & - & C & - & C & - & C & - & C & -H \\ & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & \\ & H & & H & & H & & H & & H & \end{array}$	+३६.१°
n (सामान्य) हेक्झेन ..	C_6H_{14}	$\begin{array}{ccccccccccccc} & H & & H & & H & & H & & H & & H & \\ & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & \\ H- & C & - & C & - & C & - & C & - & C & - & C & -H \\ & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & \\ & H & & H & & H & & H & & H & & H & \end{array}$	+६८.७°

ही श्रेणी कार्बनच्या ४०–५० अणूसंख्येपर्यंतही वाढविता येईल. वरच्या क्रमांकाचे हायड्रो-कार्बन घनरूप असतात. पॅराफिन मेण हे त्याचे उदाहरण आहे.

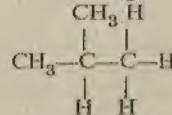
आल्किल मूलक.—काही कार्बनी संयुगांची रचना समजण्याच्या दृष्टीने 'आल्किल मूलक' म्हणजे काय व त्याचे स्वरूप कसे आहे हे माहीत करून घेणे आवश्यक आहे. मिथिल – CH_3 इथिल – C_2H_5 प्रोपिल – C_3H_7 वगैरे एक-संयुजी गटांना 'आल्किल मूलक' असे म्हणतात. ह्या गटामध्ये त्यांच्या संतृप्त हायड्रो-कार्बन म्हणजे मिथेन, इथेन, प्रोपेनपेक्षा एक हायड्रोजन कमी असतो. हे दाखविण्यासाठी हायड्रो-कार्बनच्या नावातील–एन ह्या अन्त्याक्षरांऐवजी –इल ही अक्षरे जोडतात. हे मूलक संयुजी असतात व ते हायड्रो-कार्बन रेणूच्या रचनेमध्ये H च्या जागी येऊ शकतात. असे झाल्याने हायड्रो-कार्बनची रचना बदलते व हायड्रो-कार्बनमध्ये मिथिल मूलकाने १ कार्बन व २ (३ – १) हायड्रोजन अणूंची भर पडते व हायड्रो-कार्बन श्रेणीमध्ये पुढल्या क्रमांकाचा संयुग तयार होतो. सरल शृंखला हायड्रो-कार्बन रेणूच्या मधल्याच एखाद्या कार्बनशी संयोग झालेल्या एक किंवा दोन हायड्रोजनची जागा एक किंवा दोन मिथिल मूलकांनी घेतली तर नवीन रचनेचा हायड्रो-कार्बन तयार होतो. असेच इतर मूलकही हायड्रोजनची जागा घेतात तेव्हाही घडते. उदाहरण म्हणून पुढील दोन ब्युटेनच्या रचना देता येतील.

n (सामान्य) ब्युटेन



सरल शृंखला संयुग
(उत्कलनांक = –०.५° से.)

आयसोब्युटेन

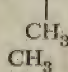


सशाख शृंखला संयुग
(उत्कलनांक = –१२.१° से.)

पटेनचे तीन प्रकार शक्य आहेत, त्यांची नांवे व उत्कलनांक :

(१) n पेंटेन $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$. उत्कलनांक = + ३६.१° से.

(२) आयसो पेंटेन $CH_3—CH—CH_2—CH_3$ .. उत्कलनांक = + २७.९° से.



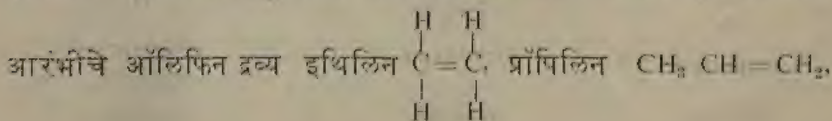
(३) निओ पेंटेन $CH_3—C—CH_3$ .. उत्कलनांक = + ९° से.



ब्युटेनच्या दोन्ही रेणूंमध्ये कार्बन व हायड्रोजन अणूंची प्रत्येकी संख्या एकच आहे. त्याचप्रमाणे पेंटेनच्या तिन्ही रेणूंमध्ये कार्बन व हायड्रोजन अणूंची

प्रत्येकी संख्या सारखीच आहे. म्हणजेच हे सर्व रेणू $C_n H_{2n+2}$ ह्या सर्व-साधारण सूत्रामध्ये बसतात. त्यांच्यामध्ये महत्त्वाचा फरक आहे तो त्यांच्या रचनेमध्ये. त्यामध्ये एकेक सरलशृंखला रेणू असून बाकीचे सशाखशृंखला रेणू आहेत. केवळ रचनाभेदामुळे ह्या द्रव्यांचे गुणधर्म पण निरनिराळे होतात. ह्याची थोडीशी कल्पना ह्या द्रव्यांचे उत्कलनांक पाहिल्यावर ध्यानात येईल. ह्या रेणूंपैकी पहिल्या प्रकारच्या म्हणजे सरलशृंखला संयुगांच्या रेणूंना n(normal किंवा सामान्य) हायड्रो-कार्बन म्हणतात. उदाहरणार्थ n–ब्युटेन, n–पेंटेन. दुसऱ्या प्रकारच्या सशाखशृंखला संयुगांना द्वयम किंवा 'आयसो' (*iso*) संयुग असे म्हणतात. उदाहरणार्थ, आयसो-ब्युटेन, आयसो-पेंटेन, आयसो-हेक्झेन. मोठ्या हायड्रो-कार्बनमध्ये बरेच कार्बन अणू असल्याने त्यांना जोडलेल्या हायड्रोजनच्या जागा पण बऱ्याच असतात. निरनिराळ्या ठिकाणी त्यामुळे हायड्रोजनची जागा मिथिल, इथिल वगैरे मूलकांनी घेतल्याने कितीतरी नवीन रचनेचे व श्रेणीमध्ये वरच्या वरच्या क्रमांकाचे सशाखशृंखला हायड्रो-कार्बन संयुग तयार होतील. ज्या हायड्रो-कार्बनमध्ये कार्बन व हायड्रोजन अणूंची संख्या तेवढीच असते, परंतु रचनाभेदामुळे त्यांचे गुणधर्म बदलतात, ते हायड्रो-कार्बन एकमेकांपासून वेगळे वेगळे करणे शक्य आहे. ह्या ठिकाणी केवळ रचनाभेदामुळे नवीन रेणू तयार झाले आहेत. अशा रेणूंना 'समघटकी' रेणू म्हणतात. 'समघटकता' (isomerism) म्हणजे दोन किंवा अधिक रेणूंमधील अणूप्रकार व त्यांची संख्या ह्यांमध्ये फरक नसूनही अणूंची मांडणी वेगळ्या वेगळ्या प्रकारे झाल्यामुळे, जेव्हा वेगळे वेगळे संयुग निर्माण होतात तेव्हा त्या संयुगांमध्ये 'समघटकता' आहे असे म्हणतात. अशी समघटकतेची व्याख्या करता येईल.

हायड्रो-कार्बनचा आणखी एक उपविभाग म्हणजे असंतृप्त हायड्रो-कार्बन द्रव्ये. ह्यांना 'ऑलिफिन' (olefines) असे म्हणतात. ऑलिफिनमध्ये दोन कार्बन अणू दुहेरी संयुजापाशांनी जोडलेले असतात. ह्या उपविभागामध्ये इथिलिन, प्रॉपिलिन, ब्युटिलिन वगैरे द्रव्यांची श्रेणी बनते. ह्या श्रेणीतील

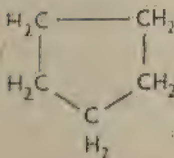


ब्युटिलिन $CH_3-\underset{H}{\underset{|}{C}}=\underset{H}{\underset{|}{C}}-CH_3$ ही होत. ऑलिफिनचे सर्वसाधारण सूत्र $C_n\ H_{2n}$ असे आहे. ऑलिफिन श्रेणीतील ब्युटिलिन व त्यापेक्षा वरच्या क्रमांकाच्या असंतृप्त हायड्रो-कार्बन रेणूमध्ये रचनाभेदामुळे 'समघटकता' आढळते. उदाहरणार्थ आयसो ब्युटिलिन.

असंतृप्त हायड्रो-कार्बन द्रव्यांपैकी 'अॅसिटिलिन' (acetylene) हे एक आहे. त्याचे सूत्र C_2H_2 असून त्याची रचना $HC \equiv CH$ अशी आहे. त्यामध्ये तिहेरी संयुजापाश आहे व त्यामुळे त्याची रासायनिक क्रियाशीलता पुष्कळ आहे.

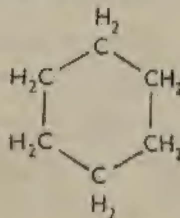
आतापर्यंत चर्चा केलेले हायड्रो-कार्बन हे सरल शृंखला संयुग होते. परंतु दुसऱ्या एका प्रकारच्या हायड्रो-कार्बनमध्ये कार्बन अणूंच्या संयोगाने वलय किंवा बंद तोंडाची साखळी बनते. वलययुक्त हायड्रो-कार्बन द्रव्यांचे दोन विभाग पाडता येतील. त्यापैकी एक म्हणजे सायक्लो-पॅराफिन विभाग [ह्यालाच 'नॅफ्थीन्स (naphthenes) असेही म्हणतात] व दुसरा म्हणजे 'अॅरोमॅटिक' विभाग हे होत.

सायक्लो-पॅराफिन ह्या वर्गाच्या वलयामध्ये असलेले सर्व कार्बन अणू संतृप्त आहेत. वलयामध्ये असलेला प्रत्येक कार्बन अणू दुसऱ्या दोन कार्बन अणूंशी जोडलेला आहे. प्रत्येक कार्बनच्या ४ संयुजांपैकी एक मागच्या व दुसरी पुढच्या कार्बन अणूशी अशा जोडलेल्या आहेत, तर उरलेल्या दोन संयुजा हायड्रोजनशी जोडलेल्या आहेत. ह्या वलयांमध्ये सामान्यपणे ५, ६ किंवा ७ कार्बन अणू असतात. त्यांना अनुक्रमे सायक्लोपेंटेन, सायक्लोहेक्झेन व सायक्लोहेप्टेन असे म्हणतात. त्यांची रचनासूत्रे पुढे दिलेली आहेत:



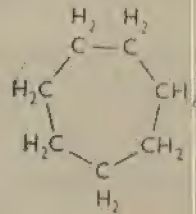
cyclopentane

सायक्लोपेंटेन



cyclohexane

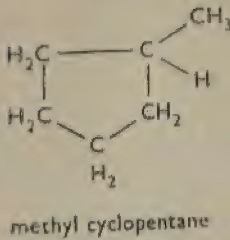
सायक्लोहेक्झेन



cycloheptane

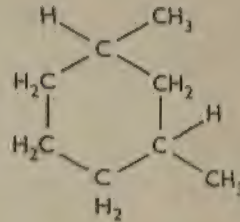
सायक्लोहेप्टेन

नॅपथीन्स किंवा वलययुक्त हायड्रो-कार्बनमध्ये एका किंवा अधिक हायड्रोजनची जागा मिथिल, इथिल ह्यासारखे मूलक घेऊ शकतात. मिथिल सायक्लोपेंटेन, डायमिथिल सायक्लोहेक्झेनसारखे संयुग बनतात :



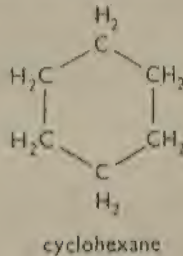
methyl cyclopentane

मिथिल सायक्लोपेंटेन

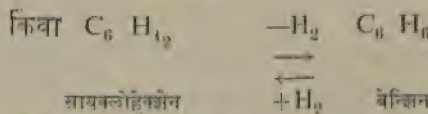


डायमिथिल सायक्लोहेक्झेन

सायक्लोहेक्झेनमधून काही हायड्रोजन काढून टाकता आल्यास त्यापासून बेन्झिन तयार होऊ शकते :



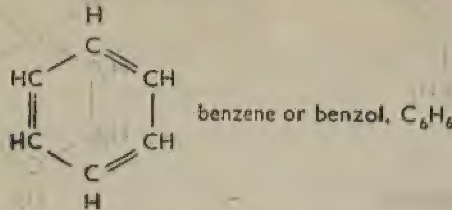
cyclohexane



त्याचप्रमाणे उलट अभिक्रिया म्हणजे बेन्झिनमध्ये जास्त हायड्रोजनचा अन्तर्भाव केल्याने सायक्लोहेक्झेन बनतो. ही अभिक्रिया होत असताना कोणता पदार्थ बनतो हे बाणाग्राने दाखविलेले आहे. $-H_2$ म्हणजे हायड्रोजन काढून टाकणे व $+H_2$ म्हणजे हायड्रोजनचा अन्तर्भाव करणे असा आहे.

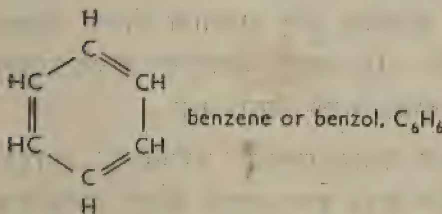
वलययुक्त हायड्रो-कार्बनचा दुसरा प्रकार म्हणजे 'ॲरोमॅटिक' हायड्रो-कार्बन संयुगे. ॲरोमॅटिक प्रकारामधील प्रारंभ द्रव्य म्हणजे बेन्झिन. ॲरोमॅटिक ह्याचा शब्दार्थ गंधयुक्त द्रव्ये असा आहे. ह्या वर्गातील बऱ्याच द्रव्यांना वास

असतो. ही द्रव्ये सामान्यपणे जड असतात. त्यांचा द्रावक म्हणून उपयोग होतो. ह्यांपैकी काहींचे 'आघात विरोधक' गुण चांगले असल्याने त्यांचा पेट्रोलचा ऑक्टेनांक वाढविण्यासाठी उपयोग करतात. ह्या वर्गातील प्रथम द्रव्य म्हणजे बेन्झिन असून त्याचे सूत्र C_6H_6 असे आहे. त्याचे रचनासूत्र :

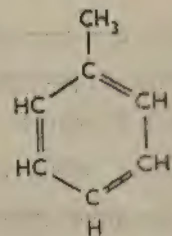


असे आहे. ह्यामध्ये तीन दुहेरी संयुजापाश आहेत. असंतृप्त हायड्रो-कार्बन असेही त्यांना म्हणता येईल. परंतु ॲरोमॅटिक वर्गातील द्रव्ये त्यांच्या विशिष्ट रचनेमुळे मर्यादित असंतृप्त आहेत.

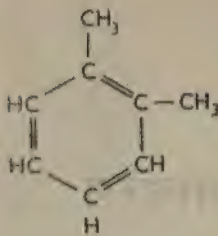
इतर हायड्रो-कार्बन द्रव्याप्रमाणे ॲरोमॅटिक हायड्रो-कार्बनच्या रेणूमध्ये हायड्रोजनची जागा मिथिलसारखे मूलक घेऊ शकतात. बेन्झिन रेणूमधील एका हायड्रोजनची जागा एका मिथिल मूलकाने घेतल्यास 'टाल्इन' (toluene) व दोन हायड्रोजनची जागा दोन मिथिल मूलकांनी घेतल्यास 'झायलिन' (xylene) ही द्रव्ये बनतात. ह्यामध्ये कोणत्या जागेच्या हायड्रोजनऐवजी मिथिलमूलक आला आहे ह्यावरून त्याची रचना बदलते व तीन 'समघटकी' झायलिन द्रव्ये मिळतात. त्यांना ऑर्थो (ortho), मेटा (meta) व पॅरा (para)-झायलिन अशी नावे आहेत. हे तीनही झायलिन समघटकी आहेत. त्यांची नावे, सूत्रे व रचनासूत्रे पुढे दिलेली आहेत :



C_6H_6 बेन्झिन

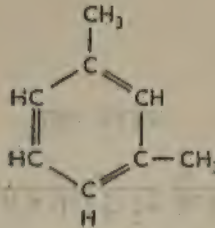


C_7H_8 टाल्इन



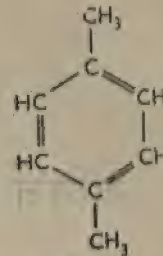
ortho-xylene

C_8H_{10}
ऑर्थो-झायलिन



meta-xylene

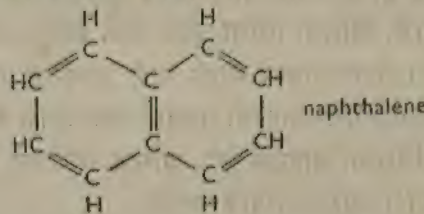
C_8H_{10}
मेटा-झायलिन



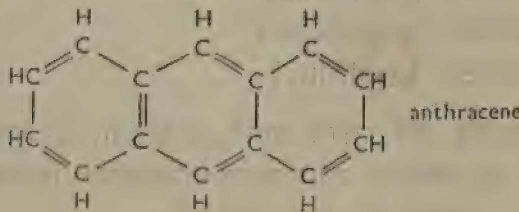
para-xylene

C_8H_{10}
पॅरा-झायलिन

ह्याच हायड्रो-कार्बन वर्गामध्ये आणखी दोन महत्त्वाची द्रव्ये आहेत. त्यांपैकी एक म्हणजे 'नॅफ्थलिन' (naphthalene). ह्यामध्ये बेन्झिनची दोन वलये सामाईक कार्बन अणूंनी जोडली गेलेली आहेत. त्याचे सूत्र $C_{10}H_8$ असून त्याचे रचनासूत्र पुढीलप्रमाणे आहे:



दुसरे द्रव्य 'अॅन्थ्रासिन (anthracene) हे आहे. त्याचे सूत्र $C_{14}H_{10}$ असे आहे. त्याच्या रचनेमध्ये तीन बेन्झिन वलये दोनदा दोन सामाईक कार्बन अणूंनी जोडली गेली आहेत. अॅन्थ्रासिनचे रचनासूत्र पुढे दिल्याप्रमाणे आहे:



□ □

प्रकरण सहा

खनिज तेलाचे शुद्धीकरण व संस्करण

खाणीतून बाहेर येणारे तेल बारकाईने तपासले तर त्यामध्ये उगमस्थानानुरूप बहुविध प्रकार आढळतात. त्यांपैकी काही गंधकयुक्त असतात. अशा खनिज तेलांना उग्र घाण येते. खनिज तेलाच्या परिभाषेमध्ये त्या तेलांना 'आंबट' (sour) तेले असे म्हणतात. गंधकाचे प्रमाण अत्यंत अल्प असल्यास अशा तेलांना घाण येत नाही. अशा तेलांना 'गोड' (sweet) तेले असे म्हणतात.

खनिज तेलांमध्ये हा एक भेद आहे तसाच दुसराही एक भेद आहे. तो भेद जास्त महत्त्वाचा आहे. खनिज तेलाचा उगम कोठे झाला आहे म्हणजे कोणत्या देशामध्ये व कोणत्या तेलक्षेत्रामध्ये झाला आहे ह्यावरून तेलाच्या स्वरूपामध्ये भेद असल्याचे आढळते. खनिज तेलाची घनता, उत्कलनांक व त्याची रासायनिक घडण ह्यांमध्ये विविधता आढळून येते. खनिज तेलाच्या स्वरूपानुरूप खनिज तेलाच्या शुद्धीकरणाचे स्वरूप ठरवावे लागते.

खनिज तेलाच्या रासायनिक स्वरूपानुरूप ढोबळपणे त्याचे तीन वर्ग पडतात. ते म्हणजे :—

(१) पॅराफिनिक (paraffinic) ;
(२) नॅफ्थिनिक (naphthenic) ;
(३) अॅस्फाल्टिक (asphaltic).

अर्थात पुष्कळशी तेले एकाच वर्गात न मोडता, ती एकापेक्षा अधिक वर्गांची मिश्रणे असू शकतात. प्रत्येक वर्गाचे प्रातिनिधिक विश्लेषण पाहिल्यास खनिज तेलाच्या विविधतेची कल्पना येईल.

कोष्टक क्र. ६ . १

विशिष्ट गुणधर्म	पॅराफिनिक	नॅप्थिनिक	ॲरमाटिक
१ विशिष्ट गुरुत्व	०.८११	०.९७५	०.९८८
२ प्रारंभिक उत्कलनांक	४५° से.	६०° से.	१२५° से.
३ १५०° से. पर्यंत बाष्प होणाऱ्या घटकांचे प्रमाण ..	४५ %	४ %	०.२ %
४ १५०° से. ते ३००° से. दरम्यान बाष्प होणाऱ्या घटकांचे प्रमाण.	२८ %	३६ %	१३ %
५ गंधकाचे प्रमाण	०.०८ %	०.७९ %	५.१८ %

अगदी अल्प अपवाद वगळता सामान्यतः खाणीतून येणाऱ्या तेलाचा प्रत्यक्ष उपयोग करता येत नसल्यामुळे तेलाच्या शुद्धीकरणाची जरूरी असते. शुद्धीकरण ह्या रूढ शब्दावरून ती प्रक्रिया साधी, सोपी आहे असे वाटेल. परंतु प्रत्यक्षात ही प्रक्रिया फार मोठी व गुंतागुंतीची असते. शुद्धीकरण ह्या संज्ञेने त्यामुळे पुरेसा अर्थबोध होत नाही. तेलशुद्धीकरणामध्ये खनिज तेल स्वच्छ व साफ करणे, किंवा त्यामधील घाण, कचरा काढून टाकणे एवढा मर्यादित अर्थ नसतो. एवढेच नव्हे तर तेलातील घटकद्रव्ये वेगळी वेगळी करणे हा अर्थही अपुरा आहे. गुंता-गुंतीच्या अभिक्रिया करून घटकद्रव्यांमध्ये रासायनिक फेरबदल घडवून आणणे असाही अर्थ अभिप्रेत असतो.

तेलशुद्धीकरण कारखाना कोठे उभारावयाचा ह्याचा निर्णय इतर कारणां-प्रमाणे राजकीय कारणांवर पण अवलंबून असतो. सामान्यपणे तेलक्षेत्राजवळ किंवा तेलक्षेत्राजवळच्या बंदरावर असे कारखाने उभारले जात असत. तथापि दुसऱ्या महायुद्धानंतर तेलशुद्धीकरण कारखान्यांची उभारणी ज्या देशात तेल उत्पादने खपवावयाची तेथेच करण्यात यावी अशी मागणी विशेषतः विकसनशील देशांकडून येऊ लागली आहे.

आधुनिक तेलशुद्धीकरण कारखाना म्हणजे त्याला कित्येक हेक्टर जागा लागते. कारखाना म्हणजे सर्वत्र स्वच्छता, टापटीप. कारखान्यामध्ये कोठे काय चालले आहे, कशामुळे काय होते ह्याचा बाहेरून सामान्य माणसाला काहीच पत्ता लागत नाही. सर्व दृष्टीआड चाललेले असते. कारखान्याच्या एका टोकाला खनिज तेल घातले जाते तर दुसऱ्या टोकाला पेट्रोल, केरोसीन, डिझेल तेल, वंगण तेल वगैरे पदार्थ निरनिराळ्या नळांतून बाहेर पडतात. कारखान्याचे हे

बाह्यदर्शन असले तरी कारखान्यातील टाक्यांमध्ये व नळांतून दीर्घ प्रवास करणाऱ्या खनिज तेलावर उष्णता, दाब, घुसळणे, आदळआपट, बाष्प करणे, पुन्हा थंड करणे, पुन्हा बाष्प, पुन्हा थंड व त्याचप्रमाणे इतर रासायनिक द्रव्यांचे मिश्रण करणे वगैरे कितीतरी प्रक्रिया होत असतात.

तेलक्षेत्रामधून बाहेर काढलेल्या तेलाचे कारखान्यामध्ये शुद्धीकरण करण्या-पूर्वी त्यावर काही प्राथमिक संस्कार करणे आवश्यक असते. खनिज तेलामध्ये काही अल्प प्रमाणात नैसर्गिक वायू विरघळलेला असतो. तो वेगळा करून वापरता येतो व तेलशुद्धीकरणामधील संभाव्य अडचणी टाळता येतात. तेल खाणीतून बाहेर पडणाऱ्या नैसर्गिक वायूमध्ये पण थोड्या प्रमाणात गॅसोलिन द्रव मिसळ-लेले असते. गॅसोलिन द्रवामुळे नैसर्गिक वायूला ' ओलेपणा ' येतो. गॅसोलिन वेगळे करून घेतल्यावर नैसर्गिक वायू ' कोरडा ' होतो. ह्या गॅसोलिनला त्याच्या उगमद्रव्याच्या नावावरून ' नैसर्गिक ' गॅसोलिन असे म्हणतात. नैसर्गिक वायू व गॅसोलिन ह्यांचे पृथक्करण हे गॅसोलिन मिळविण्याचे एक साधन आहे.

खनिज तेलामध्ये नैसर्गिकरीत्याच शेकड्यांनी मोजावी लागतील अशी रासायनिक द्रव्ये असतात. ही मुख्यत: हायड्रोकार्बन द्रव्ये असतात. त्यापैकी पेट्रोल-सारख्या हलक्या द्रव्यांची घडण थोड्या कार्बन व हायड्रोजन अणूपासून झालेली असते. बिटचुमेनसारख्या जड द्रव्यांमध्ये कार्बन व हायड्रोजन अणूंची संख्या बरीच मोठी असते. कार्बन-हायड्रोजन अणूंच्या संख्येनुरूप व त्यांच्या रचनेप्रमाणे रासायनिक द्रव्यांमध्ये निरनिराळे गुण निर्माण होतात. त्यांपैकी कोणत्यातरी गुणांचा फायदा घ्यावयाचा तर ते गुण असणारी विशिष्ट द्रव्ये इतरांपासून वेगळी करणे किंवा पृथक करणे आवश्यक आहे.

हे पृथक्करण नेमके करतात तरी कसे ? मिश्रणातील घटक पृथक्करण करण्या-साठी त्यातील घटकांच्या कोणत्यातरी भौतिक गुणांचा फायदा घ्यावा लागतो. असे काही भौतिक गुण म्हणजे, आकार, वजन, रंग, उत्कलनांक, गोठणांक वगैरे.

खनिज तेलांच्या घटकांचे किंवा घटकसमूहांचे पृथक्करण कोणत्या तत्त्वावर करण्यात येते हे समजण्यासाठी आपल्या पूर्ण परिचयाचे व व्यवहारातील उदाहरण घेता येईल. पिठाच्या गिरणीमध्ये गहू दळावयाला दिले व दळून झालेले पीठ बारकाईने पाहिले तर त्यातील कणांचा आकार लहान मोठा असल्याचे दिसून

येईल. म्हणून तर पीठ चाळावे लागते. पिठातील लहान मोठ्या आकाराचे म्हणजे कोंडा, रवा, कणिक, पिठी, मैदा वगैरे पीठप्रकार वेगळे वेगळे करण्यासाठी, निरनिराळ्या आकाराची छिद्रे असणाऱ्या चाळणी वापराव्या लागतात. प्रथम मोठ्या छिद्रांची चाळणी वापरतात. चाळणीच्या वर राहणाऱ्या कणांचा आकार चाळणीच्या छिद्रांपेक्षा मोठा असतो. तो कणसमूह वेगळा करता येतो. चाळणीतून गेलेले सर्व कण एकाच आकाराचे असतात असे नाही. म्हणून पूर्वीच्यापेक्षा थोड्या लहान आकाराच्या छिद्रांची चाळणी घेऊन पुन्हा पीठ चाळले जाते. ह्यामुळे चाळणीच्या छिद्रांपेक्षा मोठे कण वर राहतात व ते वेगळे करता येतात. पुन्हा पुन्हा क्रमाक्रमाने लहान लहान छिद्रांच्या चाळणी घेऊन पिठातील कणांच्या आकारानुरूप आपल्याला पिठाच्या निरनिराळ्या राशी करता येतील. प्रत्येक राशीतील पिठाचे सर्वच कण अगदी एकाच आकाराचे नसतात. कणांचा व्यक्तिगत आकार हा दोन चाळणींच्या छिद्रांच्या आकाराच्या मर्यादांमध्ये असतो. म्हणजे चाळणीने अगदी एकाच आकाराचे कण वेगळे झाले नाहीत. परंतु जवळपासच्या दोन मर्यादांमधील आकाराचे पीठ-कण वेगळे वेगळे झाले. एवढी ही ढोबळ विभागणी स्वयंपाकाच्या दृष्टीने पुरेशी असते. पिठाच्या कणांच्या पृथक्करणामध्ये आपण आकारभेदाचा फायदा घेतला. त्यासाठी चाळणीसारखे साधे उपकरण पुरले.

खनिज तेलातील घटक किंवा घटक समूह वेगळे करण्यासाठी आपण खनिज तेलामधील घटकांच्या किंवा घटक समूहांच्या उत्कलनांकातील भेदाचा उपयोग करतो. त्यासाठी मोठी भट्टी, ऊर्ध्वपातन, परिशोधन स्तंभ (rectifying column), संघननी (condenser) वगैरे यंत्र योजना करावी लागते. उत्कलनांकातील थोड्याथोड्या फरकाचा फायदा घेऊन सर्व द्रव्ये शुद्ध स्वरूपामध्ये वेगळी करणे अशक्य नसले तरी बरेच दुर्घट आहे. सुदैवाने रासायनिकदृष्ट्या शुद्ध तेल घटकांची आपल्या नेहमीच्या व्यवहारामध्ये गरज पण नसते. प्रत्यक्षात ठराविक मर्यादांमध्ये ज्यांचे उत्कलनांक आहेत असे द्रव्यांचे गट किंवा समूह ठरवून ते वेगळे वेगळे करतात. ते एकजिनसी नसले तरी, म्हणजे त्यातील घटक द्रव्यांचे गुणधर्म अगदी एकच नसले तरी ते एकमेकांच्या गुणधर्माशी मिळते-जुळते असतात किंवा त्यामध्ये बरेच साधर्म्य असते. म्हणून ह्या तेल गटांना

पेट्रोल, नॅफ्था, केरोसीन, डिझेल वगैरेसारखे तेलप्रकार मानून त्यांचे गुणधर्म त्यातील घटकांच्या गुणधर्मांची सरासरी काढून ठरवितात. प्रत्येक गटाचा एकच उत्कलनांक न देता, त्याच्या किमान व कमाल मर्यादा दिल्या जातात. ह्यावरून ही द्रव्ये एकजिनसी नाहीत हे उघड आहे. आपल्याला पाहिजे असतात ते त्यांचे एकत्रित गुणधर्म. तेलगटाच्या किंवा तेलप्रकाराच्या उत्कलनांकाच्या मर्यादा पाहिल्या तर त्यामध्ये अगदी काटेकोर विभागणी दिसत नाही. म्हणजे पहिल्या गटाची कमाल मर्यादा व दुसऱ्याची किमान मर्यादा ह्या परस्परव्यापी असू शकतात. पुढे दिलेल्या कोष्टकामध्ये तेलप्रकार, त्यांच्या उत्कलनांकाच्या साधारण मर्यादा व त्यातील प्रातिनिधिक रेणूची घडण दिली आहे.

कोष्टक क्र. ६.२

तेल विभाग	उत्कलनांक	प्रातिनिधिक रेणू
वायू व हलके खनिज तेल	७० ° से. पेक्षा कमी	C_4H_{10}
पेट्रोल	५० ° से. ते २०० ° से.	C_8H_{18}
केरोसीन	१४० ° से. ते ३०० ° से	C_8H_{18}
डिझेल व इंधन तेल	३०० ° से. ते ४०० ° से.	$C_{10}H_{22}$
वंगण तेल	४०० ° से पेक्षा जास्त	$C_{18}H_{34}$

तेल शुद्धीकरण तंत्रामध्ये बऱ्याच प्रक्रियांचा अवलंब केला जातो. खनिज तेलातील घटक किंवा घटकसमूह कोणत्यातरी भौतिक गुणांचा उपयोग करून ते वेगळे वेगळे करणे ही पहिली महत्त्वाची प्रक्रिया होय. तेल विभागाचे उत्कलनांक वेगळे वेगळे असतात ह्याचा फायदा घेण्यासाठी पुढील पद्धती वापरता येतील :—

(१) सरल ऊर्ध्वपातन, (२) प्रभाजी ऊर्ध्वपातन (fractional distillation), (३) निर्वात ऊर्ध्वपातन (vacuum distillation).

ह्यापैकी एक किंवा अधिक पद्धती वापरल्या जातात. ह्या सर्व पद्धतींमध्ये खनिज तेलातील घटक किंवा घटकसमूह मूलत: आहेत त्याच स्वरूपात वेगळे वेगळे होतात. त्यामध्ये कोणताच रासायनिक फेरबदल होत नाही.

दुसरी महत्त्वाची प्रक्रिया म्हणजे तेलाचे भंजन (cracking) करणे ही होय. भंजन प्रक्रियेमध्ये मोठ्या रेणूंचे लहान रेणू होतात. म्हणजेच मूळच्या घटकांचे रासायनिक स्वरूप बदलून जाते. ह्यामागील हेतू म्हणजे पेट्रोलचे उत्पादन वाढविणे व पेट्रोरसायनांसाठी उपयुक्त अशी आरंभ द्रव्ये मिळविणे हा आहे. भंजनाचे मुख्य प्रकार : (१) औष्णिक भंजन (thermal cracking), (२) उत्प्रेरक भंजन (catalytic cracking), (३) हायड्रोभंजन (hydro-cracking).

आणखी एक प्रक्रिया आहे ती मात्र भंजनाच्या बरोबर उलट आहे. ह्यामध्ये उपलब्ध झालेल्या लहान लहान रेणूंपासून आपल्याला पाहिजे तेवढे मोठे व पाहिजे तशा रचनेचे रेणू घडविणे ह्यांचा अन्तर्भाव होतो. ही संयोगक्रिया आहे. ह्याकामी पुढील पद्धती वापरतात : (१) पुनर्घटन (reforming), (२) बहुवारिकीकरण (polymerisation) आणि (३) आल्किलीकरण (alkylation).

शेवटी तेलप्रकार बाजारात विकण्यासाठी पाठविण्याच्या पूर्वी त्यावर काही संस्कार करावे लागतात. ह्यामध्ये अपद्रव्ये काढून टाकणे, काही पूरक द्रव्ये मिसळणे, थोडे निराळे गुण असलेल्या तत्सम द्रव्यांचे सुयोग्य संमिश्रण करणे अशा प्रकारच्या प्रक्रिया कराव्या लागतात. मुख्य द्रव्यामध्ये असलेल्या गुणांना उठाव देणे, नसलेले गुण निर्माण करणे व अंगभूत दोष झाकून टाकणे किंवा ते काढून टाकणे असे त्यामागील हेतू असतात.

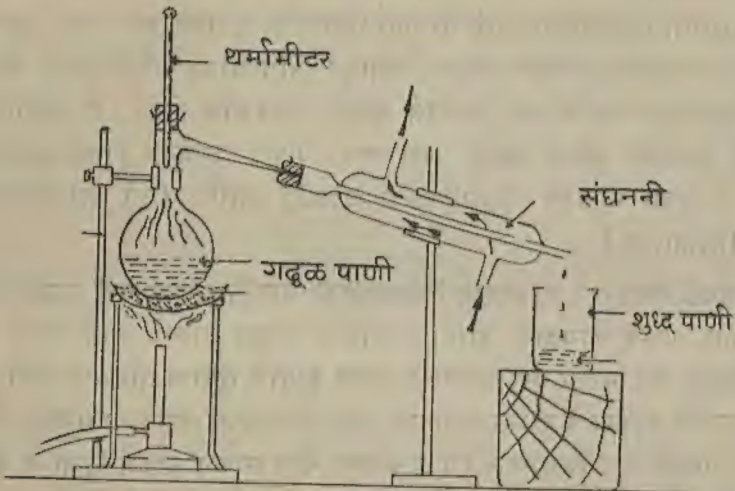
ह्या विविध प्रक्रियांची वैज्ञानिक बैठक, त्यामागील उद्दिष्टे व त्यांच्या उपयोगाच्या पद्धती ह्यांचा थोडा विस्तार करणे आवश्यक आहे.

ऊर्ध्वपातन प्रक्रिया

(१) सरल ऊर्ध्वपातन.—प्रत्येक द्रव पदार्थाचे नेहमीच्या हवेच्या तपमानालासुद्धा बाष्प होते. परंतु हे बाष्प होण्याचे प्रमाण काही द्रव्ये वगळल्यास, अल्प असते. तपमान वाढत जाते तसे बाष्पाचे प्रमाण वाढत जाते. वाढत जाणारे प्रमाण बरेच वाढले की त्या बाष्पाचा दाब बाहेरच्या वातावरणातील हवेच्या दाबाएवढा होतो व द्रव उकळू लागतो. एकदा का द्रव उकळू लागला की कितीही उष्णता

दिली तरी द्रवाचे आणखी आणखी बाष्प होते. परंतु द्रवाचे तपमान मात्र वाढत नाही. अशा वेळी उष्णतामापक उकळणाऱ्या द्रवामध्ये धरला तर त्यावर नोंद होणाऱ्या तपमानाला त्या द्रवाचा उत्कलनांक असे म्हणतात. द्रवाचा उत्कलनांक आला म्हणजे द्रवाचे जास्तीत जास्त बाष्प होते. संघननी वापरून बाष्प थंड केल्याने द्रव शुद्ध रूपामध्ये मिळतो. ह्याचे सोपे व सर्वपरिचित उदाहरण म्हणजे पाणी शुद्ध करण्यासाठी प्रयोगशाळेमध्ये वापरात येणारी पद्धती.

चित्र क्र. ६.१

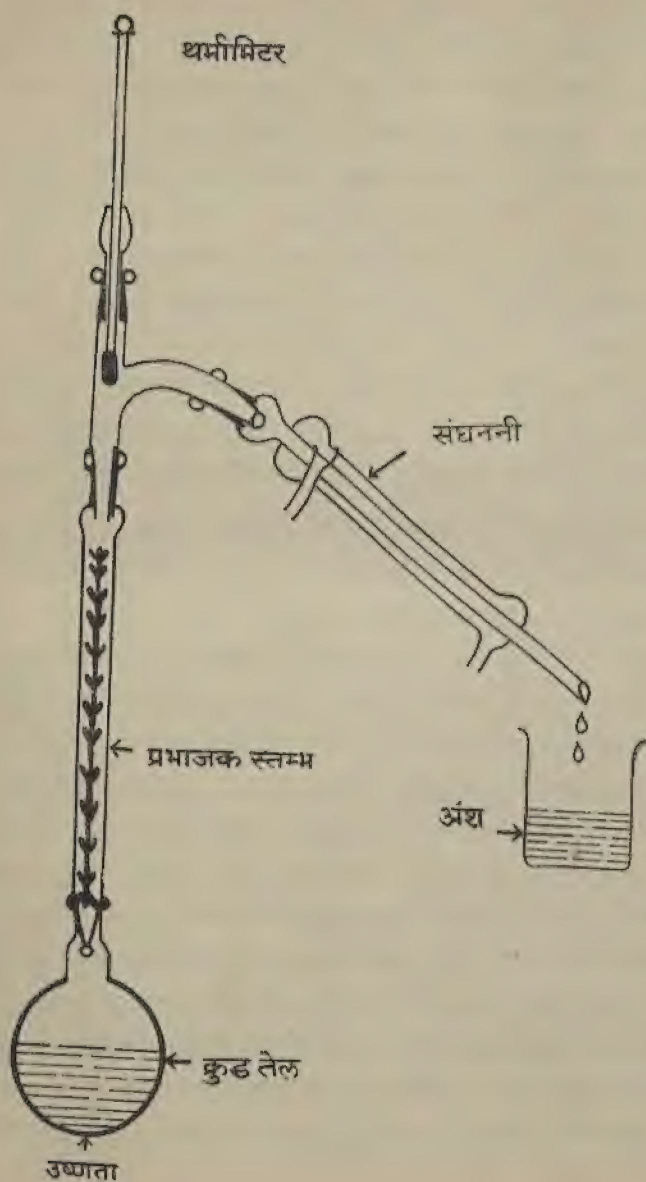


अशुद्ध पाणी भांड्यामध्ये प्रथम तापविण्यात येते. पाणी चांगले तापल्यावर त्यामधून बाष्प निघते ते फक्त शुद्ध पाण्याचे. बाष्प संघननीमधून जाते तेव्हा ते गार होते व त्याचे पुन्हा पाणी होते. परंतु हे पाणी शुद्ध असते. मूळ अशुद्ध पाण्यातील अपद्रव्यांचे काय झाले ? अपद्रव्ये मूळ पाण्याच्या भांड्यामध्ये बाष्प न होता ती जशीच्या तशी राहतात. थोडक्यात ह्या पद्धतीने बाष्प न होणारी अपद्रव्ये व शुद्ध पाणी ही आपण ह्या उपकरणाने पृथक केली. पृथक्करणासाठी अपद्रव्ये घनरूपी व ज्यांचा उत्कलनांक बराच जास्त आहे अशी असावी लागतात. परंतु अपद्रव्ये बाष्प होणारी द्रवरूप असतील तर हे सरळ ऊर्ध्वपातन तंत्र उपयोगी पडत नाही. त्यासाठी निराळे तंत्र वापरावे लागते.

(२) **प्रभाजी ऊर्ध्वपातन.**—एकाद्या मिश्रणामध्ये बाष्प होणारे असे एकापेक्षा जास्त द्रव घटक असल्यास, ते मिश्रण तापविल्यावर काय होते ते पाहू. तपमान वाढत जाईल त्याप्रमाणे प्रत्येक द्रव घटकाचे बाष्प होईल. म्हणजे मिश्रणावर असलेले बाष्प एकजिनसी नसून ते सर्व द्रवपदार्थांच्या बाष्पाचे मिश्रण असते. अशा ह्या बाष्प मिश्रणामध्ये निरनिराळ्या घटक द्रव्यांच्या बाष्पाचे प्रमाण काय असते ? हे परस्पर प्रमाण सामान्यपणे त्या द्रवाच्या उत्कलनांकावर अवलंबून असते. कमी उत्कलनांक असलेल्या द्रवाच्या बाष्पाचे प्रमाण जास्त असते तर जास्त उत्कलनांक असलेल्या द्रवाच्या बाष्पाचे प्रमाण कमी असते. संघननी वापरून हे बाष्प गार केल्यास तयार होणाऱ्या द्रवामध्ये मूळ मिश्रणातील सर्वच द्रव असतील. परंतु त्यांचे परस्पर प्रमाण मात्र कमी जास्त होईल एवढेच. शुद्ध द्रवपदार्थ मिळविण्याच्या दृष्टीने सरळ ऊर्ध्वपातनपद्धती उपयोगी पडत नाही. म्हणून अशा वेळी प्रभाजी ऊर्ध्वपातन तंत्र वापरतात. प्रयोगशाळेमध्ये साधे प्रभाजी ऊर्ध्वपातन उपकरण वापरून द्रव घटक वेगळे वेगळे करतात.

ह्या उपकरणात भांड्यामध्ये उंच प्रभाजक स्तंभ (fractionating column) जोडलेला असतो. प्रभाजक स्तंभ पोकळ व उंच असल्याने त्याच्या तळाला जोडलेल्या भांड्याचे तपमान जास्त असले तरी हा स्तंभ बाहेरील वातावरणाने गार होत असतो. म्हणजेच ह्या स्तंभाच्या तळाला तपमान सर्वांत जास्त व स्तंभाची उंची वाढत जाईल त्याप्रमाणे तपमान कमी कमी होत जाते. पोकळ स्तंभाच्या आत पुष्कळ ठिकाणी द्रवीभूत द्रवपदार्थ साचविण्यासाठी थोडी खोलगट केलेली अशी जागा असते. तुलनेने थोड्या जास्त तपमानाला द्रवरूप होणारी म्हणजे जास्त उत्कलनांक असणारी द्रव्ये ह्या खोलगट जागेमध्ये साचतात व बाष्पाच्या स्वरूपामध्ये असलेली द्रव्येच तेवढी पुढे वर जातात. असे होत गेल्याने शेवटी अगदी कमी तपमान असलेले बाष्प शिल्लक राहते. संघननीच्या साहाय्याने हे बाष्प गार केल्यास तेच तेवढे द्रव्य वेगळे होते. ते द्रव्य वेगळे झाल्यावर खालच्या भांड्याचे तपमान सारखे वाढत गेल्यास, पहिल्या द्रवापेक्षा जास्त उत्कलनांक असलेल्या द्रव्याचे बाष्प वर येते व ते संघननीने गार केल्यास दुसरे द्रव्य वेगळे करता येते. ह्या पद्धतीने बरेचसे घटक वेगळे वेगळे करता येतात व ते बऱ्याच प्रमाणात शुद्ध असतात. परंतु प्रत्येक द्रव अगदी शुद्ध

चित्र क्र. ६ . २

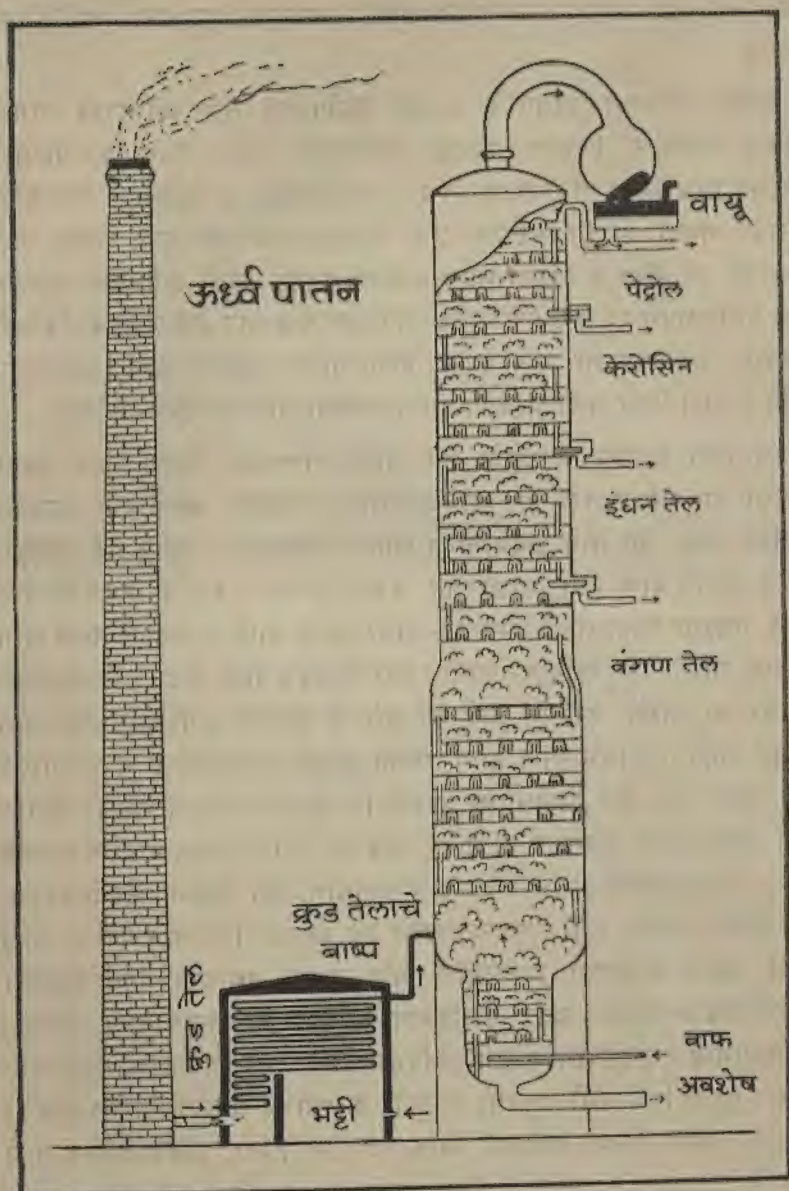


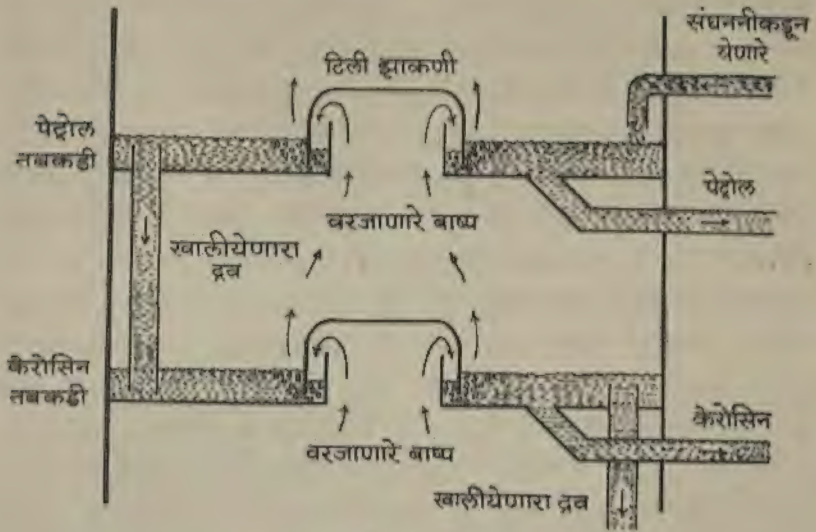
स्वरूपात पाहिजे असला तर मात्र एकेका द्रवाचे पुनः पुन्हा प्रभाजी ऊर्ध्वपातन करून तो शुद्ध करून घ्यावा लागतो. पुष्कळ प्रयत्नांती शुद्ध द्रव्ये वेगळी वेगळी होतात.

खनिज तेलाच्या बाबतीत प्रभाजी ऊर्ध्वपातन तंत्र स्वीकारावे लागते. खनिज तेलातील विभाग मोठ्या प्रमाणावर पृथक पृथक करण्यासाठी प्रभाजक स्तंभ किंवा परिशोधक स्तंभ (rectifying column) फार मोठा असावा लागतो. त्याचा आकार उंच नळकांड्यासारखा असून त्याची उंची साधारण ३१ मीटर व त्याचा व्यास ३ मीटर एवढा असतो. ह्या नळकांड्याच्या आत साधारणपणे २५ ते ३० सेंटिमीटर अंतरावर सम स्तर अशी तबके बसविलेली असतात. ह्या तबकाला भोके असून, भोकांच्या वर छोटया नळ्या जोडलेल्या असतात. सुटी ढिली अशी झाकणी ह्या नळ्यांच्या तोंडावर ठेवलेली असते.

स्तंभाच्या तळाला जोडलेले असे खनिज तेलाच्या नळाचे वलय असते पूर्वतप्त असे खनिज तेल ह्या नळ वलयामध्ये सोडलेले असते व ते आणखी तापविले जाते. ह्या तीव्र तपमानाला खनिज तेलामधील बहुतेक सर्व हायड्रो-कार्बन द्रव्यांचे बाष्प होते. साधारणतः ४००° से. ते ४३०° से. एवढे तपमान असते. एवढ्या तपमानाला अॅस्फाल्ट--डांबर ह्याचे बाष्प न होता ते तसेच मागे शिल्लक राहते. परंतु खनिज तेलातील इतर घटकांचे बाष्प होऊन ते नळकांड्या-तून वर चढू लागते. वर वर जावे तसे स्तंभाचे तपमान कमी कमी होत जाते त्यामुळे काही तेल विभागांचे बाष्प संघनन होऊन निरनिराळ्या तबकड्यांवर साचू लागते. ज्या तेल विभागाचा उत्कलनांक सर्वात जास्त असतो तो विभाग प्रथम द्रवरूप होतो. त्यानंतर बाष्प वर जात असता निरनिराळ्या तबकड्यांवर कमी कमी उत्कलनांक असलेले द्रव साचू लागतात. ह्या हिशेबाने अगदी वरच्या तबकडीमध्ये कमीत कमी उत्कलनांकाचा द्रव म्हणजे विमानाचे पेट्रोल साचू लागते. फ्युएल ऑईलचा उत्कलनांक सर्वात जास्त असल्याने अगदी तळच्या तबकडीमध्ये ते साचते. इतर तेलविभाग त्यांच्या उत्कलनांकानुरूप मधल्या तबकड्यांमध्ये जमा होतात. तथापि ही विभागणी आरंभी अगदी ढोबळ स्वरूपाची असते. परंतु ती विभागणी शक्यतो काटेकोर करण्याला तबकड्यांवरील छोटया व त्यांच्यावरील ढिल्या झाकण्या ह्यांचा उपयोग होतो. प्रत्येक तबकडीमध्ये

चित्र क्र. ६.३


ऊर्ध्व पातन
वायू
पेट्रोल
केरोसिन
इंधन तेल
वंगण तेल
क्रुड तेलाचे
बाष्प
क्रुड तेल
भट्टी
वाफ
अवशेष



चित्र क्र. ६.३

द्रवरूप झालेला तेल विभाग बराच साचला म्हणजे तो द्रव नळीच्या तोंडातून खालच्या तबकडीमध्यें पडतो. म्हणजे पेट्रोलच्या तबकडीमधील काही द्रव खालच्या म्हणजे केरोसीनच्या तबकडीमध्ये गळून पडतो. त्यामधील काही द्रव त्याखालील म्हणजे समजा गॅस ऑईलच्या तबकडीमध्यें गळून पडतो. अशा तऱ्हेने जास्त साचलेला द्रव खाली पडत असतो, तर खालून गरम बाष्पाचा प्रवाह वर जात असतो. बाष्पाच्या उष्णतेने तबकडीतील कमी उत्कलनांक असलेल्या द्रवाचे बाष्प होऊन तो द्रव पुन्हा वरच्या तबकडीत जातो. परंतु जास्त उत्कलनांक असलेला द्रव खालच्या तबकडीत राहतो. असे सर्वच तबकड्यांत होत राहते. बराच वेळ असे होत राहिल्याने खनिज तेलातील निरनिराळ्या विभागांचे पृथक्करण बरेंच काटेकोर होते. तबकड्यांवर साचलेले तेल तेथून काढून घेण्याची व गार करण्याची सोय असते. अशातऱ्हेने निरनिराळे तेल विभाग म्हणजे, पेट्रोल, केरोसीन, गॅस ऑईल, डिझेल तेल, वंगण तेल वगैरे विभाग मिळतात. मग ह्या विभागांचा संचय मोठमोठ्या टाक्यांमध्ये करून ठेवतात.

निर्वात ऊर्ध्वपातन

वाढत्या तपमानाप्रमाणे द्रवाच्या बाष्पाचा दाब वाढतो आणि तो बाहेरच्या हवेच्या दाबाएवढा होतो तेव्हा द्रव पदार्थ उकळू लागतो. ऊर्ध्वपातन तंत्रामध्ये ह्याचा उपयोग करून घेतात. आपण जर बाहेरील हवेचा दाब जास्त केला तर बाष्पाचा दाब तेवढा वाढविण्यासाठी द्रव पदार्थ वरच्या तपमानापर्यंत तापविला पाहिजे. उलट बाहेरचा दाब कमी असला तर बाष्पाचा तेवढा दाब मिळविण्यास कमी तपमान पुरते. म्हणजेच जास्त दाबाखाली द्रव उकळण्याचे तपमान म्हणजेच उत्कलनांक वाढतो तर कमी दाबाखाली द्रवाचा उत्कलनांक कमी होतो. निर्वातावस्थेमध्ये बाहेरील हवेचा दाब जवळजवळ नसतोच. ह्याचा अर्थ म्हणजे द्रव हवेच्या अगदी नेहमीच्या तपमानाला उकळू लागेल. ऊर्ध्वपातन अगदी कमी तपमानाला घडवून द्रव वेगळे वेगळे करता येतात हा एक ह्यामध्ये फायदा आहे. निर्वातावस्था निर्माण करण्याची योजना अवघड असते. परंतु उकळण्यासाठी द्रव विशेष तापवावा लागत नाही ही त्यामध्ये सोयीची बाजू आहे. काही द्रव पदार्थांचे वाढत्या तपमानाला अपघटन होते. अशा परिस्थितीमध्ये निर्वात ऊर्ध्वपातन उपयुक्त ठरते.

खनिज तेलाच्या ऊर्ध्वपातन प्रक्रियेमध्ये प्रभाजक स्तंभाच्या तळाला ॲस्फाल्ट, वंगण तेल वगैरे हायड्रो-कार्बन द्रव्ये शिल्लक राहतात. ह्या मिश्रणातील पोट-विभाग वेगळे वेगळे करण्यासाठी प्रभाजी ऊर्ध्वपातन तंत्र वापरावयाचे तर ह्या विभागाला बरीच उष्णता देऊन त्याचे तपमान बरेच वाढवावे लागेल. तेवढ्या जास्ती तपमानाला त्यातील घटक द्रव्यांचे अपघटन होऊन मूलद्रव्यांच्याऐवजी नवीनच पदार्थ तयार होतील. मग आपला ऊर्ध्वपातनाचा हेतू फसेल. परंतु हे ऊर्ध्वपातन निर्वातावस्थेमध्ये केले तर, त्यातील पोट-विभाग कमी तपमानाला वेगळे वेगळे करणे शक्य होईल व जास्त तपमानामुळे होणारे अपघटन टळेल. निर्वातावस्थेतील ऊर्ध्वपातन केव्हा केव्हा ह्याच कारणासाठी करावे लागते.

भंजन प्रक्रिया

ऊर्ध्वपातनाच्या प्रक्रियेने विविध तेल विभाग वेगळे वेगळे करता येतात ही केवळ भौतिक प्रक्रिया आहे. ह्या प्रक्रियेमध्ये काहीच रासायनिक फेरबदल होत नाहीत. म्हणजे कोणत्याही खनिज तेलामध्ये नैसर्गिकरीत्या जी घटकद्रव्ये मुळातच

आहेत तीच तेवढी पृथक पृथक करण्यात आलेली असतात. अशातऱ्हेने वेगळचा वेगळचा केलेल्या द्रव्यांना व्यवहारामध्ये सारखीच मागणी असती तर तेल-शुद्धीकरणाचा कार्यक्रम बराच सोपा झाला असता. परंतु तशी वस्तुस्थिती नाही. काही विभागांना विशेष मागणी असते. म्हणजे एकूण उत्पादनापेक्षा मागणी पुष्कळच जास्त. उलट काही विभागांचा व्यावहारिक उपयोग जवळ जवळ नसल्याने किंवा अगदी अल्प प्रमाणात असल्याने हे विभाग पुष्कळदा निरुपयोगी उपद्रव देणारी अडगळ ठरतात. आपल्या औद्योगिक व वैज्ञानिक प्रगतीबरोबर काही वेळा आपल्या गरजा बदलतात. काही वेळा निरुपयोगी विभाग मोलाचा ठरतो. तर एका वेळी मागणी असलेला विभाग अडगळीत पडतो.

विसाव्या शतकाच्या आरंभापर्यंत खनिज तेलाच्या उद्योगामध्ये पेट्रोल ह्या विभागाला काहीच मागणी नव्हती. शिवाय पेट्रोल शीघ्र ज्वालाग्राही असल्यामुळे त्याची विल्हेवाट लावणे, ही कठीण कामगिरी पार पाडावी लागे. ऊर्ध्वपातन प्रक्रियेमध्ये तयार होणारा पेट्रोल विभाग नलिकामार्गे लांब कोठे तरी नेऊन दगडाच्या खोल खाणीमध्ये जाळून त्याचा नाश करावा लागे. पहिली कित्येक वर्षे लक्षावधी गॅलन पेट्रोलचा अशातऱ्हेने नाश करण्याची जबाबदारी तेल कंपन्यांना पार पाडावी लागे. परंतु ह्या शतकाच्या आरंभीच मोटारीचे युग सुरू झाले व सारे चित्र पालटले. मोटारीच्या इंधनासाठी पेट्रोल वापरता येऊ लागले. एका वेळची उपद्रवी अडगळ कामाला आली. ऊर्ध्वपातन पद्धतीमध्ये तयार होणाऱ्या पेट्रोल विभागासाठी मागणी वाढू लागली. मोटारींची संख्या सारखी वाढू लागली आणि खनिज तेलामध्ये असलेला पेट्रोल विभाग अपुरा पडू लागला. मागणीप्रमाणे जास्त पेट्रोल कसे तयार करावयाचे हा यक्ष प्रश्न तेल कंपन्यांपुढे उभा राहिला. खनिज तेल विभागांपैकी सर्वच विभागांना विशेषत: जास्त उत्कलनांक असलेल्या द्रव्यांना पुरेशी मागणी नसल्याने त्यांची व्यवस्था काय करावयाची हाही एक प्रश्न होताच. ही आव्हाने शास्त्रज्ञांनी स्वीकारली. जास्त उत्कलनांक असलेल्या मोठ्या रेणूचे भंजन करून लहान रेणू असलेली द्रव्ये तयार करण्याची पद्धती शास्त्रज्ञांनी शोधून काढली. खाणीतून फोडून काढलेल्या दगडांच्या आकारमानाप्रमाणे राशी करून ठेवतात. काही कारणाने खडीची मागणी वाढल्यास मोठे दगड फोडून खडी तयार करतात.

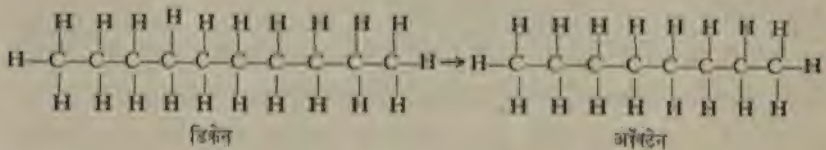
गरज पडल्यास कण्या दळून पीठ काढता येते. त्याचप्रमाणे भंजन ह्या रासायनिक प्रक्रियेने मोठ्या रेणूंचे लहान रेणू बनवितात.

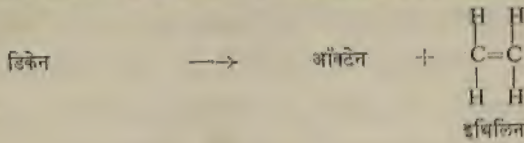
भंजन प्रक्रियेचा एक महत्त्वाचा फायदा म्हणजे मर्यादित खनिज तेल वापरून पूर्वीपेक्षा जास्त पेट्रोल मिळविण्याचे साधन हाती आले. सामान्यपणे खनिज तेलामध्ये पेट्रोल विभाग २० टक्के असतो. इतर विभागांचे एकूण उत्पादन ८० टक्के होत असे. भंजन प्रक्रियेने तेवढ्याच खनिज तेलातून पेट्रोलचे उत्पादन ४० टक्क्यांपर्यंत वाढविणे शक्य झाले आहे. ह्याचा फायदा तर उघड आहे. आज जगामध्ये साधारणपणे ३ हजार दशलक्ष टन खनिज तेल बाहेर काढून वापरले जाते. परंतु भंजन प्रक्रिया उपलब्ध नसती तर जगाची पेट्रोलची मागणी पुरविण्यासाठी सध्यापेक्षा दुप्पट खनिज तेल खर्च पडले असते. जगाचा मर्यादित तेल संचय लवकर संपुष्टात आला असता. हे तर मोठेच अरिष्ट ठरले असते. परंतु त्यापेक्षाही मोठी अडचण झाली असती ती इतर विभागांच्या दुप्पट उत्पादनांचे काय करावयाचे ही. खरे म्हणजे भंजन तंत्र वापरल्याने इतर विभागांचे उत्पादन बरेच घटले आहे. एवढ्या उत्पादनाचा सदुपयोग करता येण्याएवढीच आपली तांत्रिक प्रगती झाली आहे. भंजन प्रक्रिया वापरात नसती तर निराळीच समस्या कशी उभी राहिली असती हे आपल्या ध्यानात येईल.

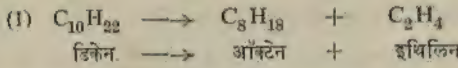
(१) **औष्णिक भंजन.**—भंजनासाठी पहिली पद्धती वापरण्यात आली ती औष्णिक पद्धती. उष्णतेच्या साहाय्याने ह्या पद्धतीमध्ये मोठ्या रेणूचे विभाजन करण्यात येते. जड तेल विभागातील तेलप्रकार त्यांच्या उत्कलनांकापेक्षा जास्त तपमानाला बऱ्याच दाबाखाली तापविले जातात. अशा परिस्थितीमध्ये मोठ्या रेणूंचे लहान रेणू बनतात. पेट्रोल किंवा गॅस ह्यांमध्ये असेच लहान रेणू असतात. भंजनामध्ये नियंत्रित तपमान व दाब ठेवून पाहिजे तेवढेच लहान रेणू बनविता येतात. तेल भंजनाच्या प्रक्रियेमध्ये काही महत्त्वाचे रासायनिक बदल घडतात. त्यांचे स्वरूप कळण्यासाठी हायड्रो-कार्बन ह्या रेणूची रचना समजून घेणे आवश्यक आहे. हायड्रो-कार्बन रेणूमध्ये नावाप्रमाणे हायड्रोजन व कार्बन हे अणू असतात. हायड्रो-कार्बन रेणूंच्या घडणीतील महत्त्वाचे तत्त्व म्हणजे एका कार्बन अणूबरोबर चार हायड्रोजन अणूंचा संयोग होतो व अगदी हलका हायड्रो-कार्बन मिथेन रेणू बनतो व त्याचे सूत्र आहे CH_4. कार्बन अणू हायड्रोजन

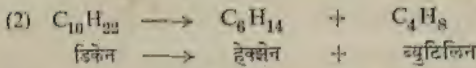
अणूशी संयोग पावतो. त्याचप्रमाणे एक कार्बन अणू दुसऱ्या कार्बनशी व दुसरा तिसऱ्याशी अशी त्यांची मालिका होऊ शकते. दोन कार्बनचा हायड्रो-कार्बन इथेन (C_2H_6), तीन कार्बनचा हायड्रो-कार्बन म्हणजे प्रोपेन (C_3H_8), चार कार्बन अणूचा हायड्रो-कार्बन ब्युटेन व त्याचे सूत्र (C_4H_{10}) व दहा कार्बन अणूंचा हायड्रो-कार्बन डिकेन (सूत्र $C_{10}H_{22}$) हा आहे. अशातऱ्हेने कार्बन व हायड्रोजन निरनिराळ्या तऱ्हेने एकमेकांशी जोडून मोठमोठ्या वजनाचे हायड्रो-कार्बन रेणू बनतात. ह्या सर्व हायड्रो-कार्बन द्रव्यांची रेणू सूत्रे पाहता त्यामध्ये कार्बन व हायड्रोजन ह्यांचे परस्पर प्रमाण वाढत्या वजनाच्या हायड्रो-कार्बनमध्ये कमी कमी होत जाते. म्हणजेच मिथेनमध्ये C व H ह्यांचे परस्पर प्रमाण १ : ४ आहे तर इथेनमध्ये ते प्रमाण २ : ६ आहे तर ब्युटेनमध्ये ४ : १० असे आहे.

भंजनभट्टीमध्ये तपमान व दाब ही वरीच असल्यामुळे भट्टीमध्ये असलेल्या तपमानामुळे रेणूंची ऊर्जा वाढत व त्यामुळे त्यांचा संचार वेग वाढतो. वेग बराच वाढला तर त्याचे बाष्प होऊन ते द्रवापासून अलग झाले असते. परंतु भंजनभट्टीमधील दाबामुळे त्याचे बाष्प होत नाही. परंतु तपमान बरेच असल्यास रेणूला मिळालेल्या ऊर्जेमुळे रेणूची आदळआपट होऊन त्याची मोडतोड होते. शेवटी मोठ्या रेणूपासून लहान रेणू बनतात. ह्यामध्ये एक अडचण निर्माण होते. हायड्रो-कार्बनच्या मोठ्या रेणूपेक्षा लहान रेणूमध्ये कार्बन : हायड्रोजन हे प्रमाण जास्त असते हे पूर्वीच आलेले आहे. परंतु ह्यासाठी लागणारा जादा हायड्रोजन भंजन क्रियेमध्ये उपलब्ध होत नसल्याने, अजिबात नवीन तऱ्हेचे म्हणजे कमी हायड्रोजन अणूंनी घडलेले रेणू तयार होतात. कमी हायड्रोजनयुक्त हायड्रो-कार्बन द्रव्यांना 'ऑलिफिन' असे म्हणतात. पुढील आकृती व समीकरण ह्यावरून हे स्पष्ट होईल. भंजन क्रियेमध्ये कोणते ऑलिफिन तयार होईल म्हणजे मूळचा हायड्रो-कार्बन कोठे तुटेल हे तपमान व दाब वगैरे परिस्थितीवर अवलंबून आहे.









डिकेन ह्या एकाच हायड्रो-कार्बनच्या भंजनाने परिस्थितीनुरूप इथिलिन, प्रॉपिलिन, ब्युटिलिन ही ऑलिफिन द्रव्ये बनतात.

ऑलिफिन द्रव्यांचे वैशिष्टच म्हणजे ती असंतृप्त असतात. कार्बन अणूच्या चार संयुजा परिपूर्णपणे वापरण्यासाठी लागणारा हायड्रोजन ह्या ठिकाणी अपुरा पडतो. हायड्रोजन पुरेसा नसल्याने एक कार्बन अणू दुसऱ्या कार्बन अणूशी जोडण्यासाठी प्रत्येकाची एक एक संयुजा वापरण्याऐवजी प्रत्येकाच्या दोन संयुजा जोडल्या जातात. अशी ही जोडणी पक्की नसते. त्यामुळे प्रत्येक कार्बनकडे एकेक संयुजा जणू राखीव संयुजा म्हणून शिल्लक राहते. अशा रेणूंना असंतृप्त रेणू असे म्हणतात. अशा रेणूंमध्ये स्थिरता नसल्याने अनुकूल परिस्थितीमध्ये ते रेणू क्रियाशील होऊ शकतात. विविध रासायनिक अभिक्रिया घडवून आणण्याच्या कामी त्यांचा बराच उपयोग होतो. त्याउलट संतृप्त हायड्रो-कार्बन फारसे क्रियाशील नसतात. ऑलिफिनसारख्या रेणूची असंतृप्तता हा तर पेट्रोरसायनांचा मूलाधार आहे.

भंजन प्रक्रियेमुळे मूळ खनिज तेल विभागामध्ये नसलेली रासायनिक द्रव्ये निर्माण होतात. तयार झालेल्या काही रासायनिक द्रव्यांपैकी काही रेणू गॅसोलिनच्या रेणूच्या आकारमानाचे असतात, तर काही त्याहून मोठेही असतात. हे रेणू विभाजन स्तंभाच्या साहाय्याने वेगळे करता येतात.

आरंभी भंजन प्रक्रियेने तयार होणारे पेट्रोल लोकांच्या पसंतीला उतरले नाही. हे पेट्रोल हीन दर्जाचे मानले जाई. आरंभी हे पेट्रोल थोड्या काळानंतर पिवळे पडे, त्याला उग्र वास येई व टाकीमध्ये सांखा जमा होई. परंतु एकूण

भंजनाच्या तंत्रामध्ये सुधारणा झाल्यावर पूर्वीचे दोष तर नाहीसे झालेच पण त्यामध्ये अनाहूतपणे नवीन गुण असल्याचा प्रत्यय आला. ह्या पेट्रोलमुळे इंजिन आघातविरहित असे चालू लागले. पेट्रोलची इंधन म्हणून कार्यक्षमता त्यामुळे वाढली. तथापि, ह्या पेट्रोलमध्ये नसलेला परंतु ऊर्ध्वपातन प्रक्रियेने सरळपणे मिळणाऱ्या पेट्रोलमध्ये एक गुण आहे. तो गुण म्हणजे ह्या पेट्रोलने मोटारीचे इंजिन लगेच सुरू करता येते. दोन्ही पेट्रोल प्रकारांच्या ह्या गुणांचा फायदा मिळविण्यासाठी ह्या दोन्ही प्रकारांचे यथायोग्य संमिश्रण करूनच पेट्रोल बाजारात विक्रीसाठी ठेवतात.

(२) **उत्प्रेरक भंजन.**——भंजन तंत्राचा अलिकडील विकास म्हणजे उत्प्रेरक भंजन पद्धती. ह्यामध्ये उत्प्रेरक वापरतात. उत्प्रेरक हा रासायनिक अभिक्रियेचा वेग वाढवितो. परंतु उत्प्रेरक मात्र काहीच रासायनिक फेरबदल न होता जसाच्या तसा राहतो. उत्प्रेरक भंजन तंत्र वापरण्यातील पहिला फायदा म्हणजे तपमान किंवा दाब ह्यांची विशेष वाढ करण्याची गरज नसते. रासायनिक प्रक्रिया त्यामुळे हाताळण्याला सोप्या जातात. दुसरा एक फायदा ह्याहूनही जास्त महत्त्वाचा आहे. औष्णिक भंजन प्रक्रियेशी तुलना करता उत्प्रेरक भंजन तंत्र वापरल्याने पेट्रोलची निर्मिती जास्त होते. शिवाय त्या पेट्रोलमध्ये आघात-विरोधी गुण म्हणजेच त्यांचा ऑक्टेनांक अधिक असतो. पेट्रोलला आवश्यक असलेला ऑक्टेनांक पुरविण्यासाठी उत्प्रेरक भंजन तंत्राची गरज असल्याचे आता मान्य झाले आहे. ह्याकामी लागणारा उत्प्रेरक म्हणजे एक विशिष्ट प्रकारची रेती——माती असाच सामान्य असतो.

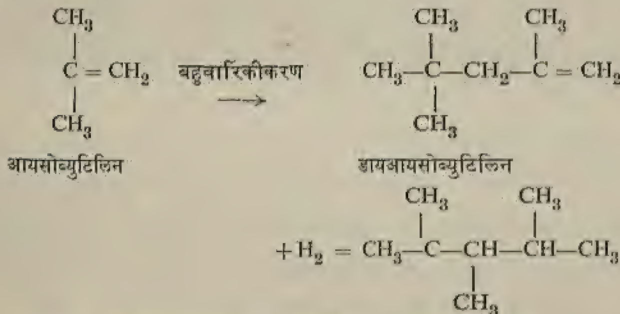
(३) **हायड्रोभंजन.**——भंजन प्रक्रियेची ही एक पद्धती आहे. ही भंजन प्रक्रिया स्वतंत्रपणे किंवा औष्णिक भंजन व उत्प्रेरक भंजन ह्यांचा एक भाग म्हणून वापरतात. भंजन प्रक्रियेमध्ये निर्माण होणाऱ्या असंतृप्त द्रव्यांचा उत्प्रेरकाच्या साहाय्याने ह्या पद्धतीमध्ये हायड्रोजनशी संयोग घडवून आणतात. ऑलिफिन द्रव्यांपासून संतृप्त असे गॅसोलिन किंवा इतर तैलप्रकार तयार होतात.

तेल शुद्धीकरणामध्ये तेल विभागांचे उत्पादन किंवा गुणवत्ता वाढविण्यासाठी पुढील काही अभिक्रियांचा अवलंब करतात.

(१) **पुनर्घटन.**—ऊर्ध्वपातन प्रक्रियेमध्ये तयार झालेल्या पेट्रोलचे दोन उप-विभाग मानता येतील. एक म्हणजे हलके पेट्रोल व दुसरे थोडे जड पेट्रोल. त्यापैकी जड पेट्रोलमध्ये आघातविरोधी गुण कमी असतात. जड पेट्रोल उपविभागाचे मर्यादित प्रमाणात भंजन केल्यास त्यामधून तयार होणाऱ्या पेट्रोलमध्ये आघात-विरोधी गुण वाढतात. ह्यालाच पुनर्घटित पेट्रोल असे म्हणतात.

ह्याशिवाय असंतृप्त वायू व हायड्रोजन ह्यांचा उत्प्रेरकांच्या साहाय्याने संयोग करून त्यापासून पॅराफिन द्रव्ये बनवितात.

(२) **बहुवारिकीकरण.**—ह्यामध्ये दोन किंवा अधिक एकाच जातीच्या रेणूंचा संयोग घडवून मोठा रेणू बनविण्यात येतो. भंजन क्रियेच्या उलट अशी ही प्रक्रिया आहे. तेल शुद्धीकरणामध्ये तयार होणाऱ्या आयसोब्युटिलिनसारख्या असंतृप्त वायूंचे बहुवारिकीकरणाने व हायड्रोजनशी संयोग होऊन आयसो ऑक्टेन तयार होतो :



आयसो ऑक्टेनमध्ये आघातविरोधी गुण उच्च दर्जाचे असतात.

(३) **आल्किलीकरण.**—ही प्रक्रिया पण भंजन प्रक्रियेच्या उलट आहे. आल्किलीकरणामध्ये दोन लहान रेणूंचा संयोग होऊन मोठा रेणू बनतो. पेट्रोल निर्मितीच्या संदर्भात ह्याला फार महत्त्व आहे. तेल शुद्धीकरणाच्या विविध प्रक्रियांमध्ये तयार होणाऱ्या काही द्रव्यांचा संयोग करून पेट्रोलच्या जवळपास उत्कलनांक असलेली द्रव्ये बनविता येतात. ह्यासाठी उत्प्रेरकाची गरज लागते. आयसो ब्युटेन ह्या द्रव्याशी ब्युटिलिन ह्या असंतृप्त द्रव्याचा संयोग

घडवून आणल्यास आयसो ऑक्टेन हे द्रव्य बनते. साधारणत: आयसोपॅराफिन द्रव्यांचा ऑक्टेनांक पुष्कळ असल्याने विमानाच्या पेट्रोलमध्ये किंवा इतर पेट्रोलमध्ये सुयोग्य संमिश्रण केल्यास उत्तम दर्जाचे आघातविरोधी पेट्रोल तयार होते.

पेट्रोलची गुणवत्ता वाढविणारे संस्करण

विविध पद्धतीने पेट्रोल तयार झाल्यानंतर, त्यावर काही संस्कार करावे लागतात. पेट्रोलमधील अल्प प्रमाणात असलेली अपद्रव्ये काढून टाकणे किंवा त्यांना निष्प्रभ करणे हा त्यामागील हेतू असतो. जुन्या काळी सल्फ्युरिक आम्ल वापरून पेट्रोलमधील अपद्रव्ये सांख्याच्या स्वरूपामध्ये जमा होऊ देत व नंतर ती वेगळी करीत. तेलाच्या रंगामध्ये त्यामुळे सुधारणा होई. आता तेच काम उचित असा द्रावक वापरून पार पाडतात. पेट्रोलमधील गंधकयुक्त द्रव्ये, उग्र वास देणारी द्रव्ये वगैरे द्रव्ये निष्प्रभ करण्यासाठी व पेट्रोलमध्ये काही नवीन गुण आणण्यासाठी काही समावेशी किंवा पूरक द्रव्ये अल्प प्रमाणात वापरतात. पंपावर मिळणाऱ्या पेट्रोलमध्ये त्याची गुणवत्ता उच्च दर्जाची करण्यासाठी पुष्कळवेळा २० ते २५ द्रव्ये सूक्ष्म प्रमाणात मिसळलेली असतात. खनिज तेलाची खाण ते पेट्रोलपंप ह्या दीर्घ कथेच्या मागे किती शास्त्रीय तत्त्वे व तंत्रे दडलेली आहेत हे मोटार प्रवाशांच्या सहज लक्षात येत नाही.

तेलशुद्धी करण्याचा इतिहास

निरनिराळ्या कालखंडांमध्ये झालेली प्रगती लक्षात घेऊन तेलशुद्धीकरणाचा आढावा घेणे उद्बोधक ठरेल :

(१) १८६० ते १८८५ : ह्या टप्प्यामध्ये केरोसीन किंवा दिव्याचे तेल हाच शुद्धीकरणामधील मुख्य पदार्थ होता. केरोसीनमध्ये गॅसोलिनचा अंश आल्यास ते तेल धोक्याचे म्हणून ग्राहकांना अमान्य असे. गॅसोलिनचा अंश आल्याने केरोसीनचा क्षणदीपनांक (flash point) वाढत असे.

(२) १८८६ ते १९०० : ह्या कालखंडात शुद्धीकरणामध्ये केरोसीन-बरोबर वंगण तेलाला महत्त्व प्राप्त झाले. तत्पूर्वी वंगणासाठी फक्त वनस्पति-जन्य तेले वापरीत असत. शुद्धीकरणामध्ये केरोसीनबरोबर वंगणाचे तेल काढण्यात येऊ लागले.

(३) १९०१ ते १९१४ : १९०० सालानंतर पेट्रोल ह्याला महत्त्व प्राप्त झाले. त्यानंतर तेलशुद्धीकरणामध्ये पेट्रोल निर्मितीला प्राधान्य मिळाले. पेट्रोलची मागणी वाढू लागली. नवीन तेलक्षेत्रे शोधून काढण्यात आली. शिवाय तेलशुद्धीकरण तंत्रामध्ये सुधारणा झाली.

(४) १९१५ ते १९२५ : पेट्रोलची वाढती मागणी पुरी करता यावी म्हणून तेल-भंजन तंत्र बरेच पूर्णावस्थेला पोचविण्यात आले. १९२० साली इंधन तेलाचा (फ्युएल ऑईल) उपयोग विद्युतनिर्मितीसाठी करण्यात येऊ लागला व तो पुढे सारखा वाढत राहिला.

(५) १९२६ ते १९२९ : ह्या कालामध्ये 'रासायनिक तंत्रवेत्त्याची' ह्या क्षेत्रामध्ये हजेरी लागल्याने ह्या क्षेत्रामध्ये काही महत्त्वपूर्ण सुधारणा होऊ शकल्या. त्यापैकी एक म्हणजे निर्वातावस्थेखाली ऊर्ध्वपातन, दुसरी सुधारणा म्हणजे द्रवरूप सल्फर डायॉक्साइडचा द्रावक म्हणून उपयोग.

(६) १९३० ते १९३५ : ह्या कालखंडामध्ये आघातविरोधी पेट्रोलची मागणी वाढल्यामुळे तेलाचे भंजन करण्यासाठी व पुनर्घटित पेट्रोल बनविण्यासाठी तेल-भंजक व इतर कारखान्यांमध्ये वाढ झाली. 'टेट्राइथिल लेड' ह्या द्रव्याचा पेट्रोलमध्ये अंतर्भाव करून पेट्रोलचे आघातविरोधी गुण वाढविण्यासाठी प्रयत्न सुरू झाले. त्याचप्रमाणे निर्वातावस्थेखाली ऊर्ध्वपातनाचे तंत्र वापरून 'रोड ऑइल' व अॅस्फाल्टच्या निर्मितीला सुरुवात झाली. वंगण तेल विभागातील मेण वेगळे करून चांगल्या दर्जाचे वंगण तेल तयार करण्याचे तंत्र उपयोगात आणण्यात आले.

(७) १९३६ ते १९४० : तेलभंजन क्रियेमध्ये तयार होणारे प्रॉपिलिन व ब्युटिलिन ह्यासारख्या असंतृप्त हायड्रो-कार्बन द्रव्याचा बहुवारिकीकरण, आल्किलीकरण, विहायड्रोजनीकरण ह्यांसारख्या प्रक्रियांमध्ये उपयोग होऊ लागला. भंजन प्रक्रियेमधून मिळणाऱ्या तेलाच्या तळाला साचणारा चिकटा टाळण्यासाठी निदानपक्षी तो लवकर तयार होऊ नये म्हणून ऑक्सिडीभवन विरोधक रसायने वापरण्याला आरंभ झाला. रंगीत पेट्रोल ह्याच काळामध्ये रूढ झाले. वंगण तेलामध्ये काही समावेशी द्रव्ये घालून त्याची गुणवत्ता ह्याच काळामध्ये सुधारण्यात आली. नैसर्गिक वायूपासून

फार्मॉल्डिहाइड व आल्कोहोल ह्यांचे उत्पादन सुरू करण्यात आले. इथेन, प्रॉपेन, ब्युटेनपासून वायूरूप ऑलिफिन-इथिलिन वगैरे द्रव्ये तयार होऊ लागली.

(८) १९४१ ते १९४७: ह्या कालावधीमध्ये विविध समावेशी द्रव्यें वापरून वंगण तेलामध्ये विशेष सुधारणा घडवून आणण्यात आली. पेट्रोलिअम व्यतिरिक्त अन्य साधनद्रव्यें वापरून संश्लेषित केलेली वंगण तेले वापरात आली. डिझेल तेलाची मागणी वाढली. दुसऱ्या महायुद्धकालीन मागणीमुळे मोटारी, ट्रक्स ह्यांच्या टायरांसाठी लागणारा रबर पेट्रोलिअम द्रव्यांपासून संश्लेषित करण्यात आला. नैसर्गिक वायूपासून पेट्रोल तयार करण्याचे प्रयत्न ह्याच काळात झाले. १०० ऑक्टेनांक असलेले ५ लक्ष बॅरल (१ बॅरल = ४२ गॅलन) एवढे पेट्रोल दररोज तयार होऊ लागले. परंतु युद्ध संपल्यावर त्याची मागणी घटली.

(९) १९४८ ते १९५७: ह्या कालखंडामध्ये पेट्रोरसायनांची फार मोठ्या प्रमाणावर निर्मिती होऊ लागली. नैसर्गिक रबरापेक्षा संश्लेषित रबराचा वापर वाढला. नैसर्गिक वायूमधील व तेलशुद्धीकरणामध्ये निघणाऱ्या वायूमधील गंधक हे एक अपद्रव्य मोठ्या प्रमाणावर पृथक करण्यात येऊ लागले. त्यामुळे बरेच गंधक इतर कामासाठी उपलब्ध होणे शक्य झाले. जेट व टर्बाईन विमानांची वाढ झाल्याने पेट्रोल पुढील म्हणजे जास्त उत्कलनांक असलेल्या ऊर्ध्वपातन विभागाची मागणी वाढली. बेन्झिन व टालुइन ह्यांचे पेट्रोलिअमपासून उत्पादन सुरू झाले. १९५६ सालापासून १०० ऑक्टेनांकाचे पेट्रोल तयार करून विकण्याची निरनिराळ्या तेल कंपन्यांमध्ये स्पर्धाच सुरू झाली.

असा हा १९५७ पर्यंतचा आढावा आहे.

खनिज तेलांपासून मिळणारे काही पदार्थ व त्यांचे उपयोग

(१) द्रवीकृत पेट्रोलिअम वायू (L.P.G.)—**ब्युटेन व प्रोपेन.**—तेलशुद्धीकरणाच्या विविध प्रक्रियांमध्ये निर्माण होणाऱ्या वायूंपैकी ब्युटेन व प्रॉपेन हे वायू वेगळे करून घेतात. सामान्य तपमानाला ही द्रव्ये वायूरूप असतात. ब्युटेनचा उत्कलनांक ०° से. असून प्रोपेनचा उत्कलनांक −४२° से. आहे.

परंतु थोड्या दाबाखाली हे वायू द्रवरूप होतात. थोड्या दाबाखाली हे वायू द्रवरूपामध्ये एखाद्या मोठ्या टाकीमध्ये साठवून ठेवतात. तेथून ते दाबाखालीच लोखंडी बाटल्यामध्ये भरून किंवा सिलिंडरमध्ये भरून कंपनीच्या नावानुरूप इंडेन, बर्शेन वगैरे व्यापारी नावाखाली सिलिंडरबंद इंधन म्हणून विक्रीसाठी बाजारात पाठवितात. ह्या दोन्ही वायूंना वास नसतो. परंतु सिलिंडर-बंद वायूमध्ये उग्र वासाचे द्रव्य मिसळलेले असते. गॅस स्टोव्हची चावी चुकून उघडी राहिली तर निसटून जाणारा वायू उग्र वासामुळे समजून येतो. स्टोव्हची चावी बंद केली पाहिजे हे ध्यानात येते व ज्वालाग्राही वायू घरभर पसरण्याचा धोका टळतो.

द्रवीकृत वायूचा स्वयंपाकघरातील इंधन म्हणून वापर प्रथम अमेरिकेमध्ये सुरू झाला तो १९३० सालच्या सुमारास. त्यानंतर सर्वत्र त्याची मागणी वाढत आहे. द्रवीकृत वायूमध्ये मुख्यत: प्रोपेन व ब्यूटेन ह्यांचे मिश्रण असते. उष्ण प्रदेशात ह्या मिश्रणामध्ये ब्युटेनचे प्रमाण जास्त असते, तर थंड प्रदेशामध्ये प्रोपेनचे प्रमाण जास्त असते. स्वयंपाकघरामध्ये लोखंडी बाटलीबंद जळाऊ वायू वापरणे सोयीचे, त्याचप्रमाणे हाताळण्याला व संभाळण्याला सोपे असते. वायूचे ज्वलन झाल्यावर कसलाही अपाय न करणारी अशी उत्सर्जित द्रव्ये असतात. म्हणून तर बाटलीबंद जळाऊ वायू लवकर लोकप्रिय झाला व ही लोकप्रियता सारखी वाढत आहे. कारखान्यामध्ये काही कामांसाठी तीव्र उष्णता देणारी ज्योत लागते. गॅस सिलिंडरचा ह्या कामी उपयोग करता येतो. पेट्रोलच्या टंचाईच्या दिवसात मोटरींसाठी हा सिलिंडरबंद जळाऊ वायू पेट्रोलच्या ऐवजी वापरण्याची शक्यता असली तरी त्याबाबतीत अजून फारसे प्रयोगनिष्ठ प्रयत्न झालेले दिसत नाहीत.

(२) **पेट्रोल.**––ह्या शतकाच्या आरंभापर्यंत केरोसीन तयार करण्यामध्ये पेट्रोल म्हणजेच गॅसोलिन हे एक नको असलेले अडगळवजा अपद्रव्य होते. त्या काळी काही अप्रामाणिक व्यापारी केरोसीन ह्या महाग पदार्थामध्ये भेसळ करण्यासाठी पेट्रोलचा उपयोग करीत. पेट्रोलचा उत्कलनांक बराच कमी असल्यामुळे ही भेसळ धोकादायक होती. परंतु अन्तर्दहन इंजिनांचा शोध लागला आणि पेट्रोलला स्वत:चे असे महत्त्वाचे कार्यक्षेत्र लाभले. कमी उत्कलनांक हाच त्याचा प्रभावी गुण ठरला. पेट्रोलचा दर्जा ठरविण्यासाठी व्यापारी लोक

एक साधी कसोटी लावीत. कपभर पेट्रोल हवेत उडविले तर त्याचा थेंबही जमिनीवर न पडता, त्याचे हवेतच बाष्प होऊन ते नाहीसे झाले तर ते उत्तम पेट्रोल समजण्यात येई.

तेलशुद्धीकरणाच्या नवीन नवीन तंत्रांमुळे पेट्रोल मिळविण्याचे काही नवीन मार्ग उपलब्ध झाले आहेत. ऊर्ध्वपातन प्रक्रियेतून मिळणारे पेट्रोल हे प्रत्यक्ष खनिज तेलामध्ये असते. त्यातूनच ते ऊर्ध्वपातनाने वेगळे करून घेण्यात येते एवढेच. पेट्रोल मिळविण्याचा दुसरा एक मार्ग म्हणजे ओलसर नैसर्गिक वायू. ओलसर नैसर्गिक वायू गार केल्यावर त्यातील पेट्रोल वेगळे होते व वायू कोरडा होतो. ह्या पेट्रोलला 'नैसर्गिक पेट्रोल' असे म्हणतात. ह्याशिवाय भंजन प्रक्रियेमध्ये निघणारे पेट्रोल हे आहेच. पुनर्घटित पेट्रोल, बहुवारिकीकरणाने मिळणारे पेट्रोल असे पेट्रोल मिळविण्याचे अन्य मार्ग आहेत. ह्या सर्व प्रकारच्या पेट्रोलचा उत्कलनांक विशिष्ट मर्यादांमध्ये असतो. तथापि, त्यांचे इतर काही गुणधर्म वेगळे वेगळे आहेत. उदाहरणार्थ काहींचा ऑक्टेनांक जास्त असतो तर काहींचा कमी असतो. त्यामुळे पेट्रोल पंपावर मिळणाऱ्या पेट्रोलमध्ये मिश्र गुणधर्म आणण्यासाठी निरनिराळ्या जातींच्या पेट्रोलचे सुयोग्य असे संमिश्रण करावे लागते. भारतामध्ये सामान्यपणे पेट्रोलचा ऑक्टेनांक ८०च्या जवळपास असतो. अमेरिकेमध्ये ९० ऑक्टेनांक असलेले पेट्रोल रूढ आहे. ९९ ऑक्टेनांक असलेले पेट्रोल उपलब्ध आहे. १०० पेक्षा जास्त ऑक्टेनांकाचे पेट्रोलसुद्धा आता प्रयोगावस्थेच्या पुढे गेलेले आहे.

मोटारगाड्यांसाठी पेट्रोलचा उपयोग सर्वांच्या माहितीचा आहे. विमानासाठी वापरावयाच्या पेट्रोलमध्ये कमी उत्कलनांक असलेले घटक जास्त प्रमाणात असतात. जेट जातीच्या विमानासाठी केरोसीन व पेट्रोल ह्यांचे मिश्रण वापरतात. काही ठिकाणी छोट्या बोटी किंवा ट्रक्स चालविण्यासाठी पेट्रोल वापरतात.

(३) **केरोसीन.**—खनिज तेलाच्या खाणींचा शोध लागल्यानंतर खनिज तेलाचा पहिला उपयोग करण्यात आला तो केरोसीन म्हणजे रॉकेलसाठी. काही ठिकाणी ह्या तेलालाच पॅराफिन किंवा पॅराफिन ऑइल अशी नावे आहेत. परंतु ती इतरत्र फारशी रूढ नाहीत. प्रकाशासाठी दिव्यामध्ये व स्वयंपाकघरात स्टोव्हसाठी केरोसीन तेलाचा मुख्य उपयोग होत असे. परंतु प्रगत देशांमध्ये

प्रकाशासाठी विजेचा उपयोग वाढू लागल्यावर केरोसीनचा हा उपयोग थोडासा मागे पडला. तथापि भारतासारख्या प्रगमनशील देशांमध्ये मात्र प्रकाशासाठी केरोसीनचा उपयोग पुष्कळ वाढत आहे. रेल्वेचे सिग्नल दिवे, ह्यांच्यासाठी व दीपगृहामधील सिग्नलसाठी अजूनही केरोसीनचा उपयोग चालू आहे. ट्रॅक्टर-सारख्या अंतर्दहन इंजिनांमध्ये केरोसीनचा उपयोग करता येतो. केरोसीनचा महत्त्वाचा उपयोग जेट व त्यासारख्या विमानांसाठी लागणाऱ्या इंधनाकरिता होतो. त्यामध्ये केरोसीनचे प्रमाण पुष्कळच असते. ह्याशिवाय एक उपयुक्त द्रावक म्हणून केरोसीनचा उपयोग होतो. कीटकनाशक द्रव्यांचा केरोसीनमधील द्राव फवारण्याला सोयीचा असतो. कच्ची चामडी कमावण्यापूर्वी त्याच्यावरील मेदयुक्त भाग काढून टाकण्यासाठी केरोसीनच्या 'मेद'द्रावक गुणाचा फायदा घेण्यात येतो. रस्त्यावर डांबर म्हणजेच ॲस्फाल्ट पसरविण्यासाठी किंवा लोखंडी पत्र्यांना डांबर काढण्यासाठी ॲस्फाल्टचा केरोसीनमधील द्राव वापरतात.

केरोसीन, तेलाच्या टाकीमध्ये बरेच दिवस राहिले तर त्यामध्ये सांखा साचतो. हे टाळण्यासाठी व तेल स्वच्छ व रंगहीन दिसावे म्हणून केरोसीन तेलाचे विशेष शुद्धीकरण आवश्यक असते. रंग, वास व अशुद्धी किंवा त्यामधील अपद्रव्ये शोषून घेणाऱ्या मातीमधून ते गाळून घ्यावे लागते. तरीपण आजही बाजारात दोन जातींचे केरोसीन तेल विकत मिळते. एक म्हणजे कमी दर्जाचे असे 'तांबडे' खरे म्हणजे तांबूस तेल व दुसरे म्हणजे चांगल्या दर्जाचे 'पांढरे' म्हणजे रंगहीन तेल. दोन्ही तेले प्रकाशासाठी दिव्यामध्ये वापरतात. परंतु तांबड्या तेलाने धूर होतो, काजळी साचते व वातीला काजळी धरते. वाती-वरील काजळी झाडून वात स्वच्छ ठेवावी लागते. तांबडे तेल त्यामुळे कंदिलामध्ये किंवा चिमण्या असलेल्या दिव्यांमध्ये वापरता येत नाही. धुराचे व काजळीचे कारण म्हणजे ह्या तेलामध्ये काही ॲरोमॅटिक द्रव्ये आलेली असतात. ॲरोमॅटिक द्रव्ये जळतात तेव्हा धूर निघतो व काजळी धरते. केरोसीनमधील ही द्रव्ये वेगळी करून काढून टाकल्यावर केरोसीन तेल स्वच्छ व वरच्या दर्जाचे होते. ॲरोमॅटिक द्रव्ये द्रवरूप सल्फरडायॉक्साइडमध्ये विरघळतात. तांबड्या तेलामध्ये द्रवरूप सल्फरडायॉक्साइड घातल्यास त्यामध्ये ॲरोमॅटिक द्रव्ये जातात व केरोसीन

स्वच्छ होते. द्रवरूप सल्फरडायॉक्साइड नंतर स्वच्छ झालेल्या केरोसीनपासून वेगळा करता येतो. केरोसीन शुद्ध करण्याचा हा मार्ग सर्व देशांमध्ये वापरतात. स्वच्छ तेलाची किंमत जास्त का असते ह्याचे कारण स्पष्ट होईल.

(४) **फ्युएल ऑइल–इंधन तेल.**––ही संज्ञा थोडीशी व्यापक अर्थाने वापरली जाते. ह्यामध्ये गॅस तेल, डिझेल तेल व बर्नर तेल ह्यांचा समावेश होतो. इंधन तेलाचा उत्कलनांक सामान्यपणे ३००° से. ते ४००° से. ह्यांच्या दरम्यान असतो. म्हणजे केरोसीन तेल व वंगण तेल ह्यामधील विभाग. प्रकाशासाठी दिव्यामध्ये हे तेल वापरता येत नाही. केरोसीनपेक्षा निराळेपणा 'इंधन तेल' ह्या शब्दाने दर्शविला जातो. गॅस ऑइल, डिझेल ऑइल व फर्नेस ऑइल ही नावे त्याच्या विशिष्ट उपयोगावरून देण्यात आलेली दिसतात. गॅस ऑइल हे मुख्यत: गॅस म्हणजे जळाऊ वायू तयार करण्यासाठी वापरले जाते. गॅस ऑइल किंवा गॅस तेल तापलेल्या विटांच्या भट्टीमध्ये सोडल्यावर उष्णतेने त्याचे भंजन होऊन काही जळाऊ वायू तयार होतात व काही कार्बन मोकळा होतो. ह्या तापलेल्या कार्बनवरून पाण्याच्या वाफेचा फवारा सोडला तर वॉटर गॅस म्हणजे हायड्रोजन व कार्बन मोनॉक्साइड हे जळाऊ वायूचे मिश्रण त्यामध्ये मिसळले तर चांगले जळाऊ मिश्र वायू तयार होतात. वॉटर गॅस व तेलाचा गॅस हे गॅसमिश्रण काही शहरांमध्ये जळाऊ वायू म्हणून नलवाहिन्यांतून पुरविले जाते. अशा मिश्रित जळाऊ वायूची उष्णतादायी शक्ती बरीच चांगली असते. गॅस ऑइलचा द्रावक म्हणूनही उपयोग होतो. मुंबईसारख्या काही शहरांना कोल गॅस नलवाहिन्यांतून पुरविला जातो हे सर्वांच्या माहितीचे आहे. बंदिस्त जागेमध्ये दगडी कोळसा तापविल्यावर जळाऊ वायूबरोबर नॅफ्थलिन व बेन्झिन ही द्रव्ये पण वायुरूप असतात. वायू थंड झाल्यावर वायूमधील नॅफ्थलिन घट्ट होते व ते वायूच्या नलवाहिनीमध्ये अडकते व वायूच्या प्रवाहामध्ये अडथळे आणते. ही अडचण टाळण्यासाठी गॅस टाकीमध्ये साठविण्यापूर्वी नॅफ्थलिन वेगळे करून काढणे आवश्यक असते. बेन्झिनसुद्धा कोल गॅसमध्ये केवळ अडगळ असते. परंतु इतरत्र त्याचे चांगले उपयोग आहेत. म्हणून गॅस ऑइल हा द्रावक वापरून म्हणजे गॅस ऑइलमधून कोल गॅस बुडबुड्याचे रूपाने बाहेर काढला किंवा अन्य मार्गाने वेगळा केला तर ही नको असलेली द्रव्ये वेगळी होतात व त्याचा इतरत्र उपयोग करता येतो.

डिझेल ऑईलचा उपयोग अंतर्दहन जातीच्या डिझेल इंजिनांसाठी होतो. डिझेल तेलाच्या दोन जाती असतात. एक जास्त वेगवान इंजिनांसाठी व दुसरी कमी वेगवान इंजिनांसाठी. जास्त वेग देणारे डिझेल हे मुख्यत: मोटार, ट्रक्स, आगगाडीची इंजिने व इतर वेगवान वाहनांसाठी वापरण्यात येते. ह्या डिझेल तेलाची आघातविरोध क्षमता (ऑक्टेनांक) ४५ पेक्षा जास्त असते. कमी वेगाचे डिझेल मुख्यत: एका ठिकाणी बसविलेल्या डिझेल इंजिनासाठी किंवा आगबोटीच्या इंजिनासाठी उपयोगात आणतात. त्याची आघातविरोध क्षमता ४० पेक्षाही कमी असते. औद्योगिकदृष्ट्या प्रगत देशांमध्ये डिझेल तेलाला फार मोठी मागणी असते.

फ्युएल ऑइल (इंधन तेल).––बॉयलरमध्ये वाफ तयार करण्यासाठी फ्युएल ऑईल वापरतात. कोळशापेक्षा तेल वापरणे सोयीचे असते. राख, धूर वगैरे काहीच त्रास नाही. इंधन तेल वापरल्याने बॉयलर लगेच सुरू करता येतो. थंड देशांमध्ये घरे, कारखाने, ऑफिसे ऊबदार राखण्यासाठी फ्युएल तेलाचा उपयोग करतात. फ्युएल तेलाचा आणखी एक महत्त्वाचा उपयोग म्हणजे औद्योगिक क्षेत्रातील विविध प्रकारच्या भट्ट्या तापविण्यासाठी करतात. सीमेंट, काच, धातू वगैरे तयार करण्यासाठी लागणाऱ्या भट्ट्या तापविण्याच्या कामी कोळशापेक्षा इंधन तेल जास्त उपयुक्त आहे. एकतर उपद्रव देणारी राख नसते व दुसरे कारण म्हणजे तपमान सहज कमी-जास्त करता येते. इतरही बरेच फायदे आहेत.

बिटचुमेन किंवा अॅस्फाल्ट.—हे दोन्ही शब्द जवळ जवळ समानार्थी वापरण्यात येतात. ह्यालाच डांबर असेही म्हणतात. ऊर्ध्वपातन प्रक्रियेने बरेचसे तेल विभाग वेगळे केल्यावर मागे उरलेला भाग म्हणजे अॅस्फाल्ट होय. अॅस्फाल्ट म्हणजे गुंतागुंतीच्या हायड्रो-कार्बन द्रव्यांचे मिश्रण. साधारणपणे त्यामध्ये द्रवरूप तेलभाग असतो. अर्धघन असा रवाळ हायड्रो-कार्बन भाग असतो व शेवटी घनरूप अशी काही हायड्रो-कार्बन द्रव्ये असतात. घनरूप द्रव्ये द्रवरूप तेलामध्ये विरघळ-लेली असतात. ही विरघळलेली अवस्था स्थिर राखण्याचे काम अर्धघन रवाळ द्रव्ये करतात. अशारीतीने अॅस्फाल्ट हे सामान्यपणे अर्धघनरूप असते. क्वचित ठिकाणी ते पूर्ण घनरूप व ठिसूळ असे असते.

ॲस्फाल्टविषयी नोंद झालेली माहिती ख्रिस्त सनापूर्वी ३००० वर्षे एवढी जुनी आहे. ॲस्फाल्टचा उपयोग त्याचा चिकटपणा व जलरोधक गुण ह्यांवर आधारलेला होता. ह्या शतकाच्या आरंभी मोटारगाडीचे युग सुरू झाले. चांगल्या सपाट रस्त्यांची मागणी वाढली. सपाट रस्ते व विमानांच्या धावपट्ट्या तयार करण्यासाठी ॲस्फाल्टचा मुख्यतः उपयोग होतो. रस्त्यावर पसरलेल्या बारीक मोठ्या खडीला सांधून घेणे किंवा चिकटवून ठेवणे हे खरे ॲस्फाल्टचे कार्य. त्यामुळे रस्त्यावर धूळ होत नाही व म्हणून धूळ उडत नाही. रस्त्याचा पृष्ठभाग जलरोधक होतो. त्यामुळे पावसात रस्त्यावर चिखल होत नाही, किंवा रस्त्याच्या घडणीमध्ये ढिलेपणा येत नाही. ॲस्फाल्ट म्हणजेच डांबराच्या अर्धघनतत्त्वामुळे रस्त्याच्या पृष्ठभागाला थोडा लवचिकपणा येतो. त्यामुळे रस्त्यावरून जाणाऱ्या वाहनांना हळुवारपणा जाणवतो व वाहनांच्या गतीमुळे होणारा खडबडाट कमी होतो.

डांबराचे आणखीही उपयोग आहेत. त्यामध्ये डांबराची जलरोधकता, विद्युतरोधी गुण व गंजणाऱ्या धातूचे संरक्षण करणे, ह्यांचा फायदा घेण्यात येतो. केरोसीनसारख्या द्रावकामध्ये डांबर मिसळून त्याचा पातळ द्रव करतात. छपराला, भिंतींना डांबर लावल्याने पावसापाण्यापासून संरक्षण होते. पॅकिंगसाठी डांबर लावलेले कागद ह्याच हेतूने वापरतात. जमिनीमध्ये पुरलेल्या तारांना विसंवाही करण्यासाठी व त्यांना मजबुती देण्यासाठी डांबराचा जाड थर उपयोगी पडतो. लोखंडी पत्रे गंजू नयेत म्हणूनसुद्धा त्यांना डांबर फासतात. पाण्याचे नळ आतून-बाहेरून गंजू नयेत म्हणून त्यांना आतून व बाहेरून डांबराने रंगवितात. काही रबर मिश्रणामध्ये ॲस्फाल्टचा अन्तर्भाव करतात. हे ॲस्फाल्ट विशिष्ट जातीचे असते. त्याच्या लवचिकपणामुळे त्याला खनिज ' रबर ' असेही म्हणतात.

वंगण तेल, ग्रीज, पॅराफिन मेण, कोक ह्यांचा सविस्तर विचार पुढील प्रकरणात होणार आहे.

खनिज तेलापासून सिद्ध होणारे पदार्थ पाहता, त्यांचे वर्गीकरण निरनिराळ्या तऱ्हांनी करता येईल. त्यापैकी एक महत्त्वाचे वर्गीकरण म्हणजे 'इंधन' व 'इंधनेतर' पदार्थ. ह्यापैकी इंधन हा प्रकार फार मोठ्या प्रमाणावर वापरला जातो. इंधन म्हणजे जळून उष्णता निर्मिती करणारे द्रव्य. अशी द्रव्ये वापरल्यावर संपूर्ण

जळून जातात. म्हणजे त्यांचे मुख्यत: कार्बन डायॉक्साइड व पाण्याची वाफ ह्यांमध्ये रूपांतर होते. निर्माण होणारी उष्णता कार्य झाल्यावर हवेमध्ये विरते. म्हणजेच ती उपलब्ध स्वरूपात नसल्याने पुन्हा वापरता येत नाही. ह्या वर्गामध्ये पेट्रोलपासून इंधन तेलापर्यंत सर्व इंधनांचा समावेश होतो.

खनिज तेलातील इंधनेतर भाग आहे तो नाश न पावणारा असा आहे. त्याचा पुन्हा पुन्हा उपयोग करता येतो. ह्या वर्गामध्ये वंगण तेल, द्रावक, मेण, ॲस्फाल्ट वगैरे द्रव्यांचा अन्तर्भाव करता येईल. ह्या द्रव्यांचा उपयोग केल्याने ही द्रव्ये नाश पावत नाहीत. म्हणजेच आपण ह्या द्रव्यांच्या कोणत्यातरी गुणांचा फायदा घेतो. मूळ द्रव्य आहे तसेच राहिल्याने त्याच्या गुणांचा पुन्हा पुन्हा उपयोग करून घेता येतो. वंगण तेलाचा उपयुक्त गुण म्हणजे यंत्र भागांना चिकटणे व दोन यंत्रभागांमध्ये मध्यस्थासारखे राहून दोन भागांचे घर्षण टाळणे. म्हणून तर वंगण तेलामुळे कितीतरी यंत्रांना जीवदान मिळाले आहे. परंतु वंगणाचे तेल घर्षणाला विरोध करीत असताना संपून जात नाही. ते गळून गेले असल्यास पुन्हा जमवून ते वापरता येते. काही वेळा वंगण तेल निकामी होते ते त्यातील वंगणक गुण वापरल्यामुळे नव्हे. वंगण तेलामध्ये काही कचरा जमतो व तेलाचे वंगणक गुण कमी होतात. कचरा काढून टाकता आल्यास (अर्थातच ते कठीण आहे) वंगण तेल पुन्हा वापरण्यालायक होते. वंगण तेलामध्ये आणखी एक बदल होतो. हवेतील ऑक्सिजनशी वंगण तेलातील घटकांचा रासायनिक संयोग झाल्यास वंगण तेलाचे स्वरूप बदलते आणि मग तेलाचे वंगणक गुण कमी होतात. परंतु वंगण लावलेला यंत्रभाग बंदिस्त असला तर मात्र वंगणक गुण बिघडत नाही.

काही विशिष्ट द्रव्ये एखाद्या द्रावकामध्ये विरघळतात तर काही दुसरी मुळीच विरघळत नाहीत. अशा दोन द्रव्यांचे मिश्रण घेऊन त्यामध्ये उचित असा द्रावक घातल्यास त्यातील एक द्रव्य द्रावकामध्ये विरघळते परंतु दुसरे द्रव्य होते तसेच मागे शिल्लक राहते. द्रावक समुचित असला तर मग एक द्रव्य शुद्धरूपाने वेगळे होईल. दुसरे द्रव्य द्रावकामध्ये विरघळलेले असले तरी ते द्रव्य किंवा द्रावक वाया जात नाही. द्राव तापविल्यास द्रावकाचे वाष्प होईल व दुसरे द्रव्य मागे राहील. अशातऱ्हेने दुसरे द्रव्य वेगळे होते. द्रावकाचे वाष्प

गार केल्यास तो द्रावक पुन्हा हाती येतो आणि तो दुसऱ्या ठिकाणी द्रावक म्हणून वापरता येईल.

मेणाचे मुख्य दोन उपयोग म्हणजे मेणबत्त्या तयार करण्यासाठी आणि कागद, लाकूड वगैरेवर लेपन करण्यासाठी असतात. ह्यापैकी मेणबत्त्यांमधील मेण हे इंधन म्हणूनच असते. म्हणून ते जळून नाहीसे होते. परंतु मेणाचे लेपन केलेले कागद, लाकूड वगैरे ठिकाणचे मेण नाश पावत नाही. त्याच्या जलरोधक गुणाचाच तेवढा फायदा घेण्यात आलेला असतो.

ॲस्फाल्टचा चिकटपणा, मऊपणा व जलरोधकता ह्या गुणांचा उपयोग होत असल्याने ॲस्फाल्ट नाहीसे होत नाही. तथापि, 'इंधन' व 'इंधनेतर' अशी ह्या द्रव्यांची विभागणी फारशी काटेकोर नाही. म्हणजे ती विभागणी व्यवहारामध्ये बसते हे खरे. परंतु शास्त्रीयदृष्टचा ही विभागणी अचूक नाही. कारण इंधनवर्गामध्ये मोडणारी तेले काही ठिकाणी वंगणासाठी वापरता येतील. त्याचप्रमाणे इंधनेतर द्रव्यांना तीव्र आंच दिली तर ती जळून उष्णता देतील व नाहीशी होतील.

शुद्धीकरण तंत्र वापरून खनिज तेलापासून काय काय द्रव्ये तयार करावयाची व त्यांचे परस्पर प्रमाण काय ठेवावयाचे हे ठरविण्याची अवघड जबाबदारी व्यवस्थापक अभियंत्याकडे असते. प्रत्येक पदार्थाची बाजारात मागणी किती आहे, असलेली मागणी किती वाढणारी आहे, नसलेली मागणी कशी निर्माण करता येईल, प्रत्येक पदार्थाचा उत्पादन खर्च किती आहे ह्याचा साकल्याने विचार करून, खाणीतून बाहेर आलेल्या बहुमोल द्रव्याचा पुरेपूर उपयोग व्यवस्थापकाने केला पाहिजे. नैसर्गिक संपत्तीपैकी काहीही वाया जाणार नाही ह्याबद्दल योग्य ती दक्षता घेतली पाहिजे. यशस्वी तेल उद्योगासाठी अशी बहुविध अवधाने व्यवस्थापक अभियंत्याला सांभाळावी लागतात.

□ □

प्रकरण आठ

पेट्रोरसायने

प्रस्तावना

पेट्रोरसायने ही कार्बनी रसायने आहेत. कार्बनी रसायनांचा परिचय तसा जुनाच आहे. आरंभी फक्त नैसर्गिक पदार्थांमध्ये असलेली रासायनिक द्रव्ये शुद्ध करून घेणे व त्यांचा उपयोग करणे एवढेच मर्यादित उद्दिष्ट होते. निसर्गाचे अनुकरण करून प्रयोगशाळेमध्ये रासायनिक द्रव्ये निर्माण करणे म्हणजे निसर्गाची बरोबरी करणे एवढेच नव्हे तर निसर्गावर मात करणे ह्या गोष्टी रसायनशास्त्रज्ञांच्या डोळ्यापुढे नव्हत्या. परंतु १८२७ साली प्राण्यांच्या मूत्रपिंडापासूनच मिळणाऱ्या युरिया ह्या द्रव्याची निर्मिती प्रथमच प्रयोगशाळेमध्ये झाली आणि कार्बनी रासायनिक द्रव्ये बनविण्याची निसर्गाची मक्तेदारी कायमची संपली. रसायन-शास्त्रज्ञांच्या कर्तृत्वाला नवीन क्षेत्र लाभले. कार्बन ह्या मूलद्रव्याच्या वैशिष्टय-पूर्ण संयोगक्षमतेमुळे कार्बन, हायड्रोजन, ऑक्सिजनसारख्या अगदी सामान्य व विपुल अशा मूलद्रव्यांचा विविध प्रकारे व विविध प्रमाणात संयोग घडवून आणणे रसायनशास्त्रज्ञांना अवघड राहिले नाही. म्हणून तर लाकूड, कोळसा, प्राणिजन्य व वनस्पतिजन्य पदार्थांपासून कितीतरी रासायनिक द्रव्ये, निसर्गामध्ये आढळणारी व त्याचप्रमाणे न आढळणारी संश्लेषण पद्धतीने विविध रासायनिक प्रक्रिया करून निर्माण करता येऊ लागली. आरंभी म्हणजे पहिले महायुद्ध संपेपर्यंत रसायनशास्त्राने केलेल्या ह्या प्रगतीसाठी लागणारा कच्चा माल किंवा साधनद्रव्ये काय होती, हे कोष्टक क्र. ७.१ वरून स्पष्ट होईल.

पहिल्या महायुद्धापूर्वी जर्मनीमध्ये रसायनशास्त्रज्ञांच्या कल्पकतेमुळे डांबरा-सारख्या सामान्य द्रव्यापासून सुंदर रंगद्रव्ये, प्रभावी औषधी द्रव्ये मोठ्या प्रमाणावर तयार होऊ लागली. रासायनिक, औद्योगिक क्षेत्रामध्ये जर्मन राष्ट्र आघाडीवर होते.

कोष्टक क्र. ७.१

मूळ पदार्थ	प्रक्रिया	साधनद्रव्ये
लाकूड ..	.. भंजक ऊर्ध्वपातन	मिथेनॉल, ॲसिटोन व ॲसेटिक आम्ल.
साखर ..	.. किण्वन (आसवीकरण)	इथेनॉल, ॲसेटिक आम्ल.
स्टार्च ..	.. किण्वन (आसवीकरण)	ॲसिटोन, ब्युटिल आल्कोहोल.
तैल पदार्थ	.. जल अपघटन	ग्लिसरॉल, तैल आम्ले (फॅटी ॲसिडस्).
डांबर (कोळशाचे)	.. भंजक ऊर्ध्वपातन	बेन्झिन, टाल्युइन, झायलिन, नॅफ्थलिन वगैरे ॲरोमॅटिक हायड्रोकार्बन द्रव्ये.

पहिले महायुद्ध संपल्यानंतर जगामध्ये सर्वत्र औद्योगिक प्रगती झपाट्याने होऊ लागली. मोटारी, ट्रक्स ह्यांची वाढ होऊ लागली. त्यासाठी पेट्रोलची मागणी वाढली. नवीन तेलखाणींचा शोध लागला. वाढत्या प्रमाणावर तेलाचे शुद्धीकरण सुरू झाले. शुद्धीकरणाच्या प्रक्रियेमध्ये पेट्रोलचे उत्पादन वाढले. त्याचप्रमाणे शुद्धीकरण प्रक्रियेमध्ये तयार होणारे हायड्रो-कार्बन वायू व इतर द्रव्ये ह्यांचे प्रमाण पण वाढले. परंतु अशा द्रव्यांना तेलधंद्याच्या दृष्टीने फारशी मागणी नव्हती. ही सर्व कार्बनयुक्त द्रव्ये असल्यामुळे त्यांचा उपयोग करण्याकडे शास्त्रज्ञांचे लक्ष वेधले आणि ' पेट्रोरसायन ' ह्या शास्त्र विभागाचा जन्म झाला.

इतर रासायनिक द्रव्ये व पेट्रोरसायन ह्यांच्या उत्पादनामध्ये थोडा महत्त्वाचा फरक आहे. सामान्यतः जी द्रव्ये निरुपयोगी आहेत, टाकाऊ आहेत, एवढेच नव्हे तर नको त्या अडचणी निर्माण करणारी किंवा उपद्रव देणारी अशी असतात, त्यांच्यापासून उपयुक्त टिकाऊ सुंदर वस्तू निर्माण करणारी द्रव्ये म्हणजेच पेट्रोरसायने होत. कोंड्याचा मांडा किंवा मातीचे सोने करण्याचे नवे तंत्र प्रस्थापित झाले. ह्याचे श्रेय रसायनशास्त्रातील संशोधकांकडे जाते. पेट्रोरसायनां-साठी लागणारा कच्चा माल अगदी मुबलक व फारच स्वस्त असल्यामुळे पेट्रो-रसायने अगदी अल्प किमतीत तयार करता येऊ लागली. ह्याचा परिणाम म्हणजे रासायनिक द्रव्ये बनविण्याचे इतर मार्ग मागे पडले व त्यांची जागा खनिज तेलाने घेतली. कार्बनी रासायनिक द्रव्यांसाठी लागणाऱ्या कच्च्या मालाचा पुरवठा सतत व सहज होत राहिला. त्यामुळे पेट्रोरसायनांचे उत्पादन फार मोठ्या

प्रमाणावर होऊ लागले. त्यांची किमत स्वस्त व परवडणारी असल्यामुळे त्यापासून निघणाऱ्या विविध उपयोगी वस्तू घरोघरी दिसू लागल्या व त्यांना चांगलीच लोकप्रियता लाभली.

दुसऱ्या महायुद्धापूर्वी पेट्रोरसायनांच्या उद्योगाला अमेरिकेमध्येच थोडासा आरंभ झाला होता. परंतु युद्ध समाप्तीनंतर मात्र पेट्रोरसायनांची मोठ्या झपाट्याने वाढ होऊ लागली. १९४९ साली कार्बनी रसायनांना लागणाऱ्या कच्च्या मालाचा पुरवठा जागतिक परिस्थिती लक्षात घेता पुढीलप्रमाणे होत होता :

कोष्टक क्र. ७.२

	टक्के
लाकडापासून	५
कोळशापासून	२०
अन्नपदार्थांच्या किण्वनीकरणाने	२५
खनिज तेल व नैसर्गिक वायू	५०

एवढ्या अल्प काळात एवढी मोठी प्रगती इतर औद्योगिक क्षेत्रात क्वचितच आढळेल. खनिज तेल ह्या कच्च्या द्रव्यापासून प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्षपणे ३,००० पेट्रोरसायने उपलब्ध होऊ लागली. १९४९ सालानंतरच्या काळामध्ये खनिज तेल व नैसर्गिक वायू ह्यांपासून निघणाऱ्या रासायनिक द्रव्यांचे प्रमाण ५० टक्क्यांवरून सारखे वाढत जात आहे. काही देशात ते प्रमाण ७५–८० टक्क्यांपर्यंत पोचले आहे. अर्थातच त्या प्रमाणात वनस्पतिजन्य कच्च्या मालाचे शेकडा प्रमाण घटत आहे.

पेट्रोरसायने ह्या उद्योगाचा विकास आरंभी अमेरिकेमध्ये झाला. परंतु नंतर मात्र इतर देशांत विशेषत: इंग्लंड, फ्रान्स, जर्मनी, जपान वगैरेसारख्या प्रगत देशांमध्ये अमेरिकेप्रमाणेच ह्या क्षेत्रामध्ये पुष्कळ विकास झाला. उदाहरणार्थ पश्चिम युरोपमध्ये १९४४ साली पेट्रोरसायनांचे उत्पादन अवघे ३ हजार टन एवढे होते. परंतु त्यानंतर २० वर्षांमध्ये म्हणजे १९६५ साली २० लक्ष टन एवढे उत्पादन झाले. अमेरिकेमध्ये १९६० साली २४ लक्ष टन होते ते १९६८ साली ५० लक्ष टनांवर गेले.

रासायनिक द्रव्ये तयार करण्यासाठी खनिज तेल हे आरंभ द्रव्य वापरण्याचे तंत्र प्रस्थापित झाल्यावर खनिज तेलाचा वापर वाढण्याची कारणे उघड आहेत. एक म्हणजे कोळसा हा 'कार्बन' हे मूलद्रव्य पुरवू शकतो. त्याचे हायड्रोजनशी संयोगीकरण वगैरे प्रक्रिया कराव्या लागतात. तर खनिज तेलामध्ये कार्बन व हायड्रोजन ह्यांचे आधीच तयार झालेले संयुग मिळतात. त्यामुळे एक अवघड प्रक्रिया टळते. वनस्पतिजन्य पदार्थ महाग व पुरवठा मर्यादित असतो. ह्याबरोबरच तो कच्चा माल घनरूप असल्यामुळे वाहतुकीची अडचण निर्माण होते. खनिज तेल किंवा तज्जन्य इतर द्रव्ये मुख्यत: वायुरूप किंवा द्रवरूप असल्याने त्यांची वाहतूक नलिकामार्गे होत असल्याने त्यांच्या वाहतुकीचे काम विनासायास पार पाडता येते.

पेट्रोरसायनांच्या उत्पादनाच्या दृष्टीने कच्च्या मालाचे तीन प्रकार मानता येतील. ते म्हणजे : (१) वायूरूप, (२) द्रवरूप व (३) घनरूप.

वायूरूप.—(अ) नैसर्गिक वायू. ह्यामध्ये मुख्यत: मिथेन, इथेन व प्रोपेन हे वायू असतात.

(ब) तेलशुद्धीकरणामध्ये निघणारे वायू. ह्यामध्ये सरळ ऊर्ध्वपातन प्रक्रियेमधून निघणारे वायू व त्याचप्रमाणे उष्णतेने व उत्प्रेरकांच्या साहाय्याने केलेल्या भंजनामध्ये मिळणारे वायू ह्यांचा समावेश होतो. भंजन प्रक्रियेमधील वायू हे सामान्यत: असंतृप्त असे ऑलिफिन वायू असतात. परंतु सरळ ऊर्ध्व-पातनाच्या प्रक्रियेमधून निघणारे वायू मुख्यत: पॅराफिन वर्गातील असतात.

द्रवरूप.—द्रवरूप कच्चा माल म्हणजे द्रवरूप नॅफ्था. द्रवरूप नॅफ्था हा पदार्थ एकजिनसी नसून तो पुष्कळ द्रवरूप द्रव्यांचे मिश्रण असतो. सोयीसाठी त्याचे हलका, मध्यम व जड असे तीन विभाग पाडतात. पेट्रोरसायनांच्या दृष्टीने उपयुक्त असा मध्यम विभाग असून त्याच्या उत्कलनांकाच्या मर्यादा ८०° से. ते १४०° से. अशा आहेत. ऊर्ध्वपातनातील ह्या विभागाला इंधन वगैरे कामी विशेष मागणी नसल्यामुळे जगामध्ये व भारतामध्ये पण पेट्रोरसायनांचा ह्या विभागावर भरीभार असतो. नॅफ्थाचा द्रावक म्हणूनही पेट्रोरसायनांमध्ये उपयोग होतो. भंजित केलेल्या ऊर्ध्वपातन विभागाचा उपयोग ॲरोमॅटिक द्रव्यांच्या उत्पादनासाठी करतात.

घनरूप.––ह्या विभागामध्ये मुख्यत: मेण ह्याचा अन्तर्भाव होतो. मेणाचा स्वतंत्रपणे उपयोग आहेच. परंतु मेणाचे भंजन केल्यास त्यातून आल्फा, ऑलिफिन ही असंतृप्त द्रव्ये मिळतात व त्यापासून जास्त रेणू भाराचे आल्कोहोल, निर्मलक व वंगणतेलामध्ये वापरण्यासाठी लागणारी पूरकद्रव्ये मिळू शकतात.

पेट्रोरसायनांसाठी लागणाऱ्या साधनद्रव्यांचे वर्गीकरण त्यातील कार्बन अणूंच्या संख्येवरून करण्याची एक पद्धत आहे :

C_1 वर्ग.––ह्यामध्ये मिथेन व अॅमोनिआसाठी लागणारे वायू येतात.

C_2 वर्ग––ह्यामध्ये इथेन, इथिलिन, अॅसिटिलिन हे वायू येतात.

C_3 वर्ग.––ह्यामध्ये प्रोपेन, प्रॉपिलिन हे वायू येतात.

C_4 वर्ग.––ह्यामध्ये ब्युटेन, ब्युटिलिन हे वायू असतात.

C_6 व C जास्त अणू.––ह्यामध्ये अॅरोमॅटिक द्रव्ये येतात. त्यांतील प्रमुख म्हणजे बेन्झिन, टाल्युइन व झायलिन.

अकार्बनी रसायने

पेट्रोलिअमच्या अपघटनापासून निघणाऱ्या कार्बनी वायूपासून कमी जास्त गुंतागुंतीची किंवा वलययुक्त अशी विविध कार्बनी द्रव्ये बनविणे शक्य आहे. त्यामागील शास्त्रीय तत्त्वे सहज समजण्यासारखी आहेत. परंतु कार्बनी द्रव्यांपासून एकदम अकार्बनी द्रव्ये ही धडामोड मात्र जरा गोंधळात पाडणारी आहे. म्हणजे कार्बनी द्रव्यांचे काही तरी आमूलाग्र रूपांतर होत आहे की काय अशी एक सहजच शंका येते. तसे पाहिले तर रासायनिक द्रव्यांची कार्बनी व अकार्बनी अशी विभागणी सोयीची असली तरी थोडी ती कृत्रिमच आहे. सामान्यत: कार्बनयुक्त द्रव्यांना कार्बनी म्हणणे हे योग्य. परंतु कोळसा, कार्बन मोनॉक्साइड, कार्बनडायॉक्साइड, कार्बन डायसल्फाइड ह्यासारख्या द्रव्यांमध्ये कार्बन आहे, परंतु त्यांना कार्बनी द्रव्ये म्हणत नाहीत.

अकार्बनी द्रव्यांमध्ये हायड्रोजन, नायट्रोजन, ऑक्सिजनपासून इतर सर्व मूलद्रव्यांचा व त्यांच्या संयुगांचा समावेश होतो. त्याचप्रमाणे बऱ्याच कार्बनी द्रव्यांमध्ये कार्बनबरोबर हायड्रोजन असतोच. हायड्रोजन मिळविण्याचे बरेच मार्ग आहेत. उदाहरणार्थ पाण्याचे विद्युत विच्छेदन (electrolysis)

करून हायड्रोजन मिळविता येतो. पाण्याप्रमाणे हायड्रोजन मिळविण्याचे दुसरे एक प्रमुख व महत्त्वाचे साधन म्हणजे हायड्रोकार्बन ही द्रव्ये. हायड्रोकार्बनपासून मिळणाऱ्या हायड्रोजनचा वापर करून तयार केलेली अकार्बनी द्रव्ये ह्यांचा पेट्रोरसायने ह्या वर्गामध्ये समावेश होतो. थोडक्यात खनिज तेलाच्या शुद्धीकरणामध्ये निघणारे विविध कार्बनी वायू किंवा खनिज तेले व नैसर्गिक वायू ह्यामधील अशुद्धी किंवा अपद्रव्ये ह्यांचा साधनद्रव्ये म्हणून उपयोग करून तयार झालेली कार्बनयुक्त अथवा कार्बनविरहित रासायनिक द्रव्यांचा समावेश पेट्रोरसायने ह्यामध्ये होतो. ही कार्बनी रसायने, कोळसा, हवा, पाणी ह्यापासून मिळवितात तेव्हा मात्र त्यांना पेट्रोरसायने म्हणत नाहीत. पेट्रोरसायने ह्या नावावरून काही अकार्बनी द्रव्ये तयार करण्यासाठी लागणारी साधनद्रव्ये कोठून मिळविली एवढाच बोध होतो. अशा अकार्बनी द्रव्यांमध्ये गंधक (सल्फर) सल्फ्युरिक आम्ल, हायड्रोजन, ॲमोनिया, युरिया ह्यांचा अंतर्भाव होतो.

गंधक हा मुख्यत: खाणीमधून काढतात. तो खाणीमध्ये मूलद्रव्याच्या रूपामध्ये असतो. १९५० च्या सुमाराला औद्योगिक क्षेत्रात एक नवीन भीती व्यक्त करण्यात आली. गंधकाचे साठे कमी होत चालले आहेत, त्यामुळे गंधकाची मागणी सारखी वाढत राहिल्यास गंधकाचा तुटवडा लवकरच तीव्रतेने जाणवू लागेल अशी ती भीती होती. सुदैवाने पुढे अन्यत्र गंधकाचे साठे आढळून आले आणि गंधकाचे साठे संपुष्टात येतील ही भीती उरली नाही. तरीपण गंधकाच्या संभाव्य तुटवड्यावर उपाय म्हणून गंधक मिळविण्याचे अन्य मार्ग शोधून काढण्याकडे शास्त्रज्ञांचे लक्ष वेधू लागले.

तैल खाणीच्या भौगोलिक स्थानानुरूप खनिज तेलामध्ये कमी जास्त प्रमाणात गंधक असल्याचे आढळून आले आहे. त्यामध्ये ०.०२५ टक्क्यापासून ५ टक्के एवढा गंधक असू शकतो. नैसर्गिक वायू ह्या कार्बनी वायूमध्ये गंधकाचे प्रमाण साधारण १–२ टक्क्यापेक्षा जास्त असते तेव्हा त्या वायूला आंबट (sour) वायू असे म्हणतात हे पूर्वीच आलेले आहे. तेलामध्ये किंवा नैसर्गिक वायूमध्ये असणारा गंधक वेगळा केला नाही तर ज्वलनक्रियेमध्ये कार्बनी द्रव्यांबरोबर गंधकही जळतो. गंधक जळल्यावर त्यापासून सल्फरडायॉक्साइड हा उग्र वासाचा वायू हवेमध्ये जातो आणि वातावरण प्रदूषित होते. शिवाय गंधकयुक्त

तेलामुळे इंजिनाची खराबी होते ती वेगळीच. खनिज तेलातील गंधक त्यामुळे वेगळा करण्याची जरूरी तेल उद्योगांना विशेषत्वाने जाणवू लागली होतीच. गंधक जर किफायतशीर रीतीने वेगळा करून घेता आला तर प्रदूषण टळेल आणि गंधकाची तूट भरून काढण्याच्या दृष्टीने ती एक फायद्याची बाब ठरेल.

खनिज तेलामध्ये किंवा नैसर्गिक वायूमध्ये आढळणारा गंधक कोणत्या स्वरूपात असतो? सामान्यपणे तो हायड्रोजन सल्फाइड (H_2S) ह्या स्वरूपामध्ये असतो. परंतु काही गंधक तेलातील कार्बनी संयुगाचा घटक असतो. तेलाचे अपघटन होते तेव्हा गंधक भागाचे हायड्रोजन सल्फाइडमध्ये रूपांतर होते. नैसर्गिक वायूपासून व खनिज तेलापासून शेवटी हायड्रोजन सल्फाइड मिळतो. ह्यापासून गंधक वेगळा करून घेतात. असा गंधक असतो तरी किती ? गंधकाच्या खाणीतून मूळ द्रव्यरूप गंधक दरसाल जेवढा मिळतो त्याच्या एक-तृतियांश-पेक्षाही हा जास्त असतो. खनिज तेलातील गंधक, गंधकाच्या मूळ द्रव्यरूप गंधक ह्याशिवाय काही धातूंची सल्फाइडे तापविल्यानंतर अपघटन होऊन सल्फरडायॉक्साइड (SO_2) तयार होतो. हेही एक गंधकाचे उत्पत्तिस्थान आहे. पुढील कोष्टकामध्ये गंधकाच्या निर्मितीचे आकडे (कम्युनिस्ट देशांव्यतिरिक्त इतर देशांचे) दिलेले आहेत :

कोष्टक क्र. ७.३

गंधकाचे स्वरूप	१९६६	१९७० (अंदाजे)
सर्व स्वरूपातील गंधक	२४.५ दशलक्ष टन	३१.७ दशलक्ष टन
मूळ द्रव्यरूप गंधक	१४.१ दशलक्ष टन	२०.१ दशलक्ष टन
खनिज तेल व वायू ह्यापासून मिळणारे गंधक	५.० दशलक्ष टन	८.४ दशलक्ष टन

पुढील कोष्टकामध्ये आंबट वायूपासून निघणाऱ्या गंधकाची देशाप्रमाणे विभागणी दाखविली आहे :

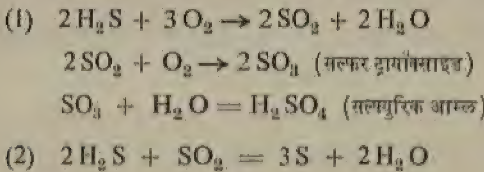
कोष्टक क्र. ७.४

देशाचे नाव	१९६६	१९७० (अंदाजे)
कॅनडा	१.७ दशलक्ष टन	४.० दशलक्ष टन
फ्रान्स	१.५ दशलक्ष टन	१.६ दशलक्ष टन
अमेरिका	१.२ दशलक्ष टन	१.५ दशलक्ष टन
इतर	०.६ दशलक्ष टन	१.३ दशलक्ष टन

ह्या आकड्यांवरून तथाकथित 'आंबट' वायू (नैसर्गिक वायू व तेलशुद्धी-करणातील वायू) पासून गंधकाची निर्मिती केवढी मोठी आहे ह्याची बरोबर कल्पना येईल.

इतर वायूंबरोबर हायड्रोजन सल्फाइड हा वायू असतो. वायू मिश्रणातील हायड्रोजन सल्फाइड वेगळा करण्यासाठी त्याला योग्य असा द्रावक निवडावा लागतो. हायड्रोजन सल्फाइड वायू मोनो इथेनॉल अमिन (mono ethanol amine) ह्या द्रावकामध्ये सहज विरघळतो. परंतु इतर वायू विरघळत नाहीत. द्रावकामध्ये विरघळलेला वायू वेगळा करून घेणे फारसे अवघड नसते.

हायड्रोजन सल्फाइडपासून सल्फर डायॉक्साइड करणे व नंतर त्यापासून सल्फ्युरिक आम्ल बनविणे हा एक पर्याय किंवा त्यापासून गंधक बनविणे हा दुसरा पर्याय. ह्यासाठी कराव्या लागणाऱ्या रासायनिक अभिक्रिया पुढील समीकरणाने दाखविता येतील :



(1) $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$

$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ (सल्फर ट्रायॉक्साइड)

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ (सल्फ्युरिक आम्ल)

(2) $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$

विशिष्ट ठिकाणी तेल उद्योग व पेट्रोल रसायने ह्यांना लागणाऱ्या सल्फ्युरिक आम्लापेक्षा ते जास्त तयार होत असेल तर सल्फ्युरिक आम्लाच्या वाहतुकीच्या अडचणीमुळे हायड्रोजन सल्फाइडपासून गंधक (सल्फर) बनविणे सोयीचे असते. गंधकाची वाहतूक कमी त्रासाची व कमी खर्चाची असते.

भारतामध्ये लागणारा गंधक बाहेरून मोठ्या प्रमाणावर आयात करावा लागतो. ह्या संदर्भात १९६९ साली प्रसिद्ध झालेली बातमी मनाला दिलासा देणारी आहे. मद्रास येथे सुरू झालेल्या भारतातील नवव्या तेलशुद्धीकरण कारखान्यामध्ये दरसाल २० हजार टन गंधकाची निर्मिती होते. मद्रास तेल-शुद्धीकरण कारखान्यासाठी लागणारे तेल हे इराणमधील डेरिअस (Darius) येथील तेलाच्या खाणीतून येते.

ह्या सर्व विवरणावरून आजकाल जगभर सल्फ्युरिक आम्लाच्या निर्मिती-साठी लागणाऱ्या शुद्ध गंधकापैकी एक-तृतियांश भागापेक्षाही जास्त गंधक खनिज तेल व वायू ह्यापासून मिळतो हे ध्यानात येईल.

नैसर्गिक वायू व खनिज तेल ह्यांपासून मिळणारे आणखी एक खनिज द्रव्य म्हणजे हायड्रोजन. त्याचाच पुढे ॲमोनिआ व ॲमोनिआपासून निघणाऱ्या खतांसाठी व इतर रासायनिक प्रक्रियांसाठी उपयोग होतो.

हाबर ह्या प्रसिद्ध जर्मन शास्त्रज्ञाने नायट्रोजन व हायड्रोजन ह्यांचा एकत्र संयोग करण्याचे तंत्र शोधून काढले, त्याला बरीच वर्षे झाली. नायट्रोजन हे मूलद्रव्य इतर द्रव्यांबरोबर सहजासहजी संयोग पावत नाही. हे एक वैशिष्टय. त्याचबरोबर शेतजमीन सुपीक करावयाची तर तिला नायट्रोजनची संयुगे खत म्हणून द्यावी लागतात हे दुसरे वैशिष्टय. त्यामुळे हाबर ह्या शास्त्रज्ञाने नायट्रोजन व हायड्रोजन ह्यांचा संयोग विशिष्ट दाब, विशिष्ट तपमान व त्यासाठी लागणारा उत्प्रेरक वगैरे गोष्टींबद्दल संशोधन करून जमिनीला लागणारी खते तयार करण्यासाठी त्याने शोधून काढलेली पद्धती अजूनही रूढ आहे. ह्या पद्धतीमधील रासायनिक अभिक्रिया पुढील समीकरणाने दाखविण्यात येते :



$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

नायट्रोजन + हायड्रोजन = ॲमोनिआ

ह्याकामी लागणारे दोन वायू म्हणजे नायट्रोजन व हायड्रोजन. त्यापैकी नायट्रोजन हा हवेमधून मिळवावा लागतो. हायड्रोजन मिळविण्याच्या पुष्कळ पद्धती आहेत तरी पण त्यापैकी कोणत्या पद्धतीने तयार केलेला हायड्रोजन स्वस्त पडतो हे पाहावे लागते. ॲमोनिआच्या किमतीपैकी निम्मी किमत हायड्रोजनला पडते. पूर्वीची साधारण रूढ पद्धती म्हणजे कोक (शुद्ध केलेला कोळसा) तापवून त्यावर पाण्याची वाफ सोडणे. ह्यामध्ये पुढील रासायनिक अभिक्रिया होते :



$$C + H_2O = CO + H_2$$

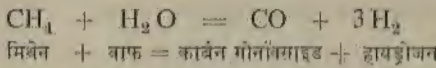
त्यानंतर पुढील पायरी म्हणजे



$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

अशा तऱ्हेने ह्या दोन्ही टप्प्यांमध्ये हायड्रोजन मिळतो. कार्बन डायॉक्साइड वायू दुसऱ्या टप्प्यामध्ये तयार होतो.

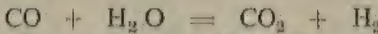
हायड्रोजन तयार करण्याची १९३० सालापर्यंत हीच प्रमुख पद्धती होती. १९३० साली प्रथमच नैसर्गिक वायूपासून हायड्रोजन तयार करण्यात आला. (नैसर्गिक वायूमध्ये साधारणत: ८० टक्के मिथेनच असते) ह्याला मिथेन वाफ अभिक्रिया असे म्हणतात. पुढील रासायनिक समीकरणाने ती अभिक्रिया दाखविता येईल :



$$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$$

मिथेन + वाफ = कार्बन मोनॉक्साइड + हायड्रोजन

ह्या अभिक्रियेमध्ये मिथेनमधील हायड्रोजन उपलब्ध होतो. हायड्रोजनच्या उत्पादनाच्या दृष्टीने कोकपेक्षा मिथेन वापरणे जास्त फायदेशीर आहे. ह्या अभिक्रियेचा पुढचा टप्पा म्हणजे :



$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

ह्या टप्प्यामध्ये हायड्रोजनची निर्मिती होते. परंतु त्याचबरोबर कार्बन डायॉक्साइड तयार होतो. तो वेगळा करून त्यामधून काढून टाकावा लागतो. ॲमोनिआ निर्मितीसाठी त्याचा उपयोग नाही.

नैसर्गिक वायूमधील मिथेनची उपयुक्तता प्रस्थापित झाल्यावर, त्यापुढची पायरी म्हणजे मिथेनच्याऐवजी नॅफ्था वापरणे. नॅफ्था हे द्रव्य तेलशुद्धीकरणातील एक टप्पा आहे. हा टप्पा सामान्यपणे पेट्रोल व रॉकेल ह्यांच्या दरम्यान शुद्धीकरणामध्ये येतो. नॅफ्थासुद्धा हायड्रोकार्बन आहे. नॅफ्था वापरण्याचा मुख्य फायदा म्हणजे नैसर्गिक वायू सापडत नाही अशा ठिकाणीसुद्धा किफायतशीर पद्धतीने ॲमोनिया तयार करता येतो. तेलशुद्धीकरण कारखान्याच्या नजीक जगभर कोठेही ॲमोनिआ तयार करण्याचा कारखाना सुरू करता येतो.

हायड्रोजनच्या निर्मितीमध्ये कोकऐवजी खनिज तेल व नैसर्गिक वायू वापरणे हे आता जवळ जवळ प्रस्थापित झालेले तंत्र आहे. ह्याचे प्रमुख कारण म्हणजे ही द्रव्ये प्रवाही आहेत व त्यामुळे त्यांना हाताळणे सोपे आहे. शिवाय ही द्रव्ये हायड्रो-कार्बन स्वरूपाची असल्यामुळे त्या द्रव्यामध्ये अंगभूत हायड्रोजन असतो. हायड्रोजनचे उत्पादन जास्त होण्याचे हे एक कारण आहेच. तेलाच्या शुद्धीकरणाचे कारखाने जगभर पसरलेले असल्यामुळे, नैसर्गिक वायू नसला तरी नॅफ्थाच्या किंवा उच्च तपमानाला उकळणारे तेल पण ह्याकामी वापरता येईल.

ॲमोनिआच्या उत्पादनाचे आकडे ॲमोनिआचे महत्त्व स्पष्ट करणारे आहेत. ॲमोनिआची उपयुक्तता त्यामधील नायट्रोजनमुळे असल्याकारणाने ॲमोनिआ-मधील नायट्रोजनचे (N_2) वजन देणारे आकडे प्रसिद्ध केले जातात. हे आकडे दशलक्ष मेट्रिक टन (द. ल. मे. ट.) ह्या परिमाणामध्ये दिलेले आहेत. शेतीच्या हंगामानुरूप वर्षगणना १ जुलै ते ३० जून अशी केलेली आहे. शेवटच्या स्तंभातील आकडे औद्योगिक क्षेत्रातील वापराचे आहेत.

कोष्टक क्र. ७.५

वर्ष	उत्पादन (N चे वजन)	सर्व वापर (N चे वजन)	औद्योगिक क्षेत्रातील वापर (N चे वजन)
१९५५-५६	.. ८.०७ द.ल.मे.ट.	७.५० द.ल.मे.ट.	१.२४ द.ल.मे.ट.
१९५९-६०	.. ११.०५ द.ल.मे.ट.	१०.४६ द.ल.मे.ट.	१.७१ द.ल.मे.ट.
१९६५-६६	.. २३.१८ द.ल.मे.ट.	२२.४५ द.ल.मे.ट.	३.४४ द.ल.मे.ट.
१९६६-६७	.. २५.९४ द.ल.मे.ट.	२४.९५ द.ल.मे.ट.	३.६९ द.ल.मे.ट.

ह्या आकड्यांवरून शेतीव्यतिरिक्त म्हणजे खतांव्यतिरिक्त अन्य कामासाठी अवघा १५ ते १७ टक्के ॲमोनिआचा भाग वापरला जातो.

ह्या साऱ्या उत्पादनामध्ये पूर्वीच्या पद्धतीने म्हणजे मुख्यत: कोक ह्यापासून उद्बोधक किती व पेट्रोलिअमपासून किती ह्या विषयीचे परस्पर प्रमाण चांगलेच आहे.

१९३९ साली ९० टक्के ॲमोनिआची निर्मिती कोक ह्यावर आधारलेली होती. त्याउलट १९५८-५९ साली खनिज तेल वापरून निघणाऱ्या ॲमोनि-आचे प्रमाण ५५ टक्के झाले. त्यानंतरचे निश्चित आकडे उपलब्ध नाहीत. तरीपण खनिज तेल वापरून ॲमोनिआची निर्मिती बरीच वाढली असली पाहिजे. साधारणपणे ती सर्व ॲमोनिआच्या ७५–८० टक्के तरी असावी असा अंदाज व्यक्त करण्यात येत आहे. त्याबद्दलचे अंदाज काही देशापुरते पुढे दिलेले आहेत :

अमेरिका	..	९० टक्के.
जपान	..	७७ टक्के.
इंग्लंड	..	१०० टक्के.

गेल्या काही वर्षात ॲमोनिआचे उत्पादन सतत वाढत आहे. ते कधीकाळी घटेल असे मुळीच वाटत नाही. ह्याला दोन प्रमुख कारणे आहेत. एक म्हणजे

मागासलेल्या पण प्रगमनशील देशांचे जास्त धान्य पिकविण्याचे प्रयत्न मोठ्या निर्धाराने चालू आहेत. त्यासाठी त्या देशाची ॲमोनिआ व ॲमोनिआपासून बनविलेल्या खतांची मागणी सारखी वाढत आहे. ह्या खतांचा वापर सार्वत्रिक होण्याचे आणखीही एक महत्त्वाचे कारण आहे. पेट्रोलिअमपासून निघालेली ॲमोनिआ व तज्जन्य इतर खते किमतीने सर्व शेतकऱ्यांना परवडतील अशी आहेत. ह्या खतांची किंमत माफक असण्याचे कारण म्हणजे तेलशुद्धीकरणाचा धंदा प्रचंड प्रमाणावर होत असल्याने, त्याच्या अनुषंगाने होणारी ॲमोनिआची निर्मिती थोड्या खर्चामध्ये पार पाडता येते. खनिज तेलापासून प्रत्यक्ष व अप्रत्यक्षपणे निघणाऱ्या द्रव्यांमध्ये ॲमोनिआ हे एक सर्वांत जास्त प्रमाणावर तयार होणारे रासायनिक द्रव्य आहे. रासायनिक उद्योगामध्ये हायड्रोजनचे आणखीही दुसरे हायड्रोजनीकरणासारखे उपयोग आहेत.

ॲमोनिआच्या निर्मितीच्या संदर्भात दुसऱ्या जास्त प्रभावी अशा दोन खतांचा विचार केला पाहिजे. ॲमोनिअम नायट्रेट व युरिआ ही ती दोन खते होत.

ॲमोनिअम नायट्रेट (NH_4NO_3) ह्यामध्ये ॲमोनिआपासून बनलेल्या नायट्रोजनयुक्त ॲमोनिअमच्या इतर खतापेक्षा नायट्रोजनचे प्रमाण जास्त असते. ॲमोनिआच्या ऑक्सिडीकरणाने नायट्रिक आम्ल तयार होते. ॲमोनिआ हा अम्लारी व नायट्रिक आम्ल ही एकत्र आल्याने ॲमोनिअम नायट्रेट हा क्षार तयार होतो.

युरिआ [$CO(NH_2)_2$] तयार करण्यासाठी ॲमोनिआ व कार्बन डायॉक्साईड ही दोन द्रव्ये लागतात. ॲमोनिआच्या निर्मितीला हायड्रोजन लागतो हे आपल्याला माहीत आहेच. हायड्रोजनच्या निर्मितीच्या दुसऱ्या टप्प्यामध्ये कार्बन-डायॉक्साईड तयार होतो. परंतु कार्बन डायॉक्साईडचा त्या ठिकाणी उपयोग नसल्यामुळे, तो हवेत सोडून देतात किंवा तो शुद्ध करून चांगल्या दाबाखाली द्रवरूप किंवा घनरूप करून ठेवतात. ॲमोनिआ व कार्बन डायॉक्साइड ह्यांची अभिक्रिया दोन टप्प्यांनी होऊन युरिआ तयार होते. ते टप्पे म्हणजे :



(1) $2NH_3 + CO_2 = NH_4CO_2NH_2$
ॲमोनिअम कार्बमेट



(2) $NH_4CO_2NH_2 = NH_2CONH_2 + H_2O$
युरिआ

युरिआ ह्या रासायनिक द्रव्याचे उत्पादन बरेच मोठे आहे. १९६६ साली एकट्या अमेरिकेमध्ये १.६ दशलक्ष टन युरिआची निर्मिती झाली. युरिआचे दोन गुणधर्म खताच्या दृष्टीने उपयुक्त ठरले आहेत. एक म्हणजे त्यामध्ये नायट्रोजनचे प्रमाण जास्त आहे. दुसरा गुण म्हणजे ते पाण्यामध्ये भरपूर प्रमाणात विद्राव्य आहे. त्यामुळे ते द्रावणाच्या स्वरूपामध्ये शेतीला देता येते.

शेतकऱ्याच्या दृष्टीने युरिआच्या आणखी एका उपयोगाचा निर्देश केला पाहिजे. गुरांच्या खाद्यामध्ये युरिआ मिसळून दिल्यास त्या खाद्याचा पौष्टिकपणा चांगलाच वाढतो. अमेरिकेतील युरिआच्या उत्पादनापैकी १० ते १२ टक्के भाग ह्याकामी खर्च पडतो.

औद्योगिक क्षेत्रातही युरिआचे उपयोग आहेत. युरिआ-फार्मालिडहाइड व युरिआ मेलामिन रेझिन ह्यापासून पुढे प्लॅस्टिक वस्तू बनविण्यात येतात. अमेरिकेच्या युरिआ उत्पादनापैकी ७ ते १० टक्के भाग ह्या कामी वापरला जातो.

भारत आणि युरिआ.—भारतामध्ये युरिआचा उपयोग मुख्यतः खतासाठी होतो. भारतामध्ये पेट्रोलिअम व अन्य युरिआचे एकत्रित उत्पादन किती होते ह्याचे १९७०-७१ चे आकडे पुढे दिलेले आहेत :

कोष्टक क्र. ७.६

(आकडे हजार टनांचे)

सिंद्री	..	..	१५	बडोदे	..	..	२५३
ट्रांबे	..	..	६४	विशाखापट्टम	..	..	६
गोरखपूर	..	..	१४७	कोटा	..	..	२४६
नेवेली	..	..	६९	कानपूर	..	..	२३३
नामरूप	..	..	३१				

युरिआमध्ये नायट्रोजनचे प्रमाण ६० मध्ये २८ म्हणजे ४६.५ टक्के एवढे असते. तरीपण भारताने १९७०-७१ साली ७८० हजार टन युरिआ आयात केले. त्यासाठी ४५.६ कोटी रुपये खर्च झाले.

अशी ही काही उपयुक्त अकार्बनी पेट्रोरसायने आहेत.

इथिलिनपासून निघणारी रसायने

इथिलिन ($H_2C = CH_2$) ह्याचा उत्कलनांक — १०२.५° से. आहे. त्यामुळे ते नेहमीच वायुरूप असते. इथिलिनच्या रेणूमध्ये दोन कार्बन अणू व चार हायड्रोजन अणू आहेत. हे दोन कार्बन अणू द्विबंधाने जोडलेले आहेत. त्यामुळे इथिलिन हे द्रव्य 'ऑलिफिन' ह्या वर्गामध्ये मोडते. ह्या वर्गाचे वैशिष्टय म्हणजे कार्बनच्या चार संयुजांपैकी एक असंतृप्त आहे. अशा रेणूंना असंतृप्त हायड्रो-कार्बन असे म्हणतात. असंतृप्ततेमुळे ह्या रेणूंमधील कार्बन अणू संयोगोत्सुक असतात. त्यामुळेच तर अशा रेणूंपासून विविध रासायनिक प्रक्रिया करून निरनिराळया प्रकारचे कमी जास्त गुंतागुंतीचे रेणू बनविता येतात. ऑलिफिन वर्गातील हायड्रो-कार्बन द्रव्यांचे हेच वैशिष्टय व महत्त्व. तथापि इतर ऑलिफिनपेक्षा इथिलिनला आगळे महत्त्व प्राप्त झाले आहे, ते त्यामधून निघणाऱ्या विविध द्रव्यांच्या महत्त्वाच्या गुणधर्मामुळे.

इथिलिन ह्या रासायनिक द्रव्याचा प्रत्यक्ष उपयोग थोडा. परंतु ते साधन-द्रव्य वापरून त्यापासून बहुमोल द्रव्ये व उपयुक्त वस्तू बनविता येतात. ह्या साधनद्रव्याचे उत्पादन मोठया प्रमाणावर असणे जरूर आहे. १९७० सालीच अमेरिकेमध्ये हे उत्पादन ६.५ दशलक्ष टन एवढे झाले. तेलशुद्धीकरणामध्ये उपउत्पादन म्हणून मिळणारा इथिलिन वायू मागणीपेक्षा कमी पडू लागला. त्यामुळे केवळ उपउत्पादनावर अवलंबून न राहता इथिलिन हे स्वतंत्र असे उत्पादन होईल अशी नवीन प्रक्रिया शोधून काढणे आवश्यक होते. गॅसोलिन (पेट्रोल) व केरोसीन ह्यांच्यामध्ये ऊर्ध्वपातन होणारा खनिज तेलाचा एक विभाग म्हणजे 'नॅपथा' ह्या कामी उपयोगी ठरला. ह्या भागाचे भंजन करून बऱ्याच प्रमाणात 'इथिलिन'चे उत्पादन करता येते. ह्याचा फायदा घेऊन आरंभी अमेरिकेने व नंतर इतर देशांनी इथिलिनचे मोठया प्रमाणावर उत्पादन सुरू केले. सामान्यपणे नॅपथाच्या भंजनापासून २० ते २५ टक्के इथिलिन व १५ ते १७ टक्के प्रॉपिलिन निघू शकते. ह्याशिवाय दुसरा मार्ग म्हणजे शुद्धी-करणामध्ये मिळणारा व नैसर्गिक वायूमध्ये थोडया प्रमाणात मिळणारा प्रोपेन वायू ह्याचे भंजन करून इथिलिन हा वायू मिळविणे हा होय. त्याबरोबर प्रॉपिलिन वायू पण तयार होतो. प्रॉपिलिन, इथिलिनपासून वेगळा करता येतो.

प्रॉपिलिनचे पण अन्य महत्त्वाचे उपयोग आहेत. प्रॉपिलिनचा विचार पुढे होईलच.

१९२० नंतर इथिलिन वायूला बरीच महत्त्वाची कार्यक्षेत्रे लाभली. त्यापैकी दोन क्षेत्रे आहेत मोटारगाड्यांच्या आनुषंगाने. खनिज तेलाचे केवळ ऊर्ध्वपातन तंत्र जाऊन त्याजागी पेट्रोलचे उत्पादन वाढविण्यासाठी खनिज तेलाचे औष्णिक भंजनाचे नवीन तंत्र त्या सुमाराला सुरू झाले होते. त्यामुळे पेट्रोलचे उत्पादन वाढले. खनिज तेलामध्ये नैसर्गिकरीत्या असणारे गॅसोलिन हे पूर्वीपासून उपलब्ध होतेच. परंतु त्यावेळी खनिज तेलाचे ऊर्ध्वपातन करून गॅसोलिन वेगळे करून घेतल्यावर उरलेल्या खनिज तेलाचा मोटारगाड्यांसाठी प्रत्यक्ष उपयोग नव्हता. परंतु ह्या उर्वरित तेलाचे औष्णिक भंजन केल्यावर त्यामधून आणखी पेट्रोल काढता येते, हे तंत्र समजल्यावर गॅसोलिनचा पुरवठा भरपूर वाढला. मोटारगाड्यांच्या संख्या-वाढीवरील एक मर्यादा आपोआप कमी झाल्याने मोटारगाड्यांची व त्यांचा वापर करणाऱ्यांची संख्या बरीच वाढली.

त्याचा प्रत्यक्ष परिणाम म्हणजे वाढत्या पेट्रोल उत्पादनाबरोबरच मोठ्या प्रमाणावर उपलब्ध होणारा इथिलिन वायू. ह्याचा उपयोग रसायनशास्त्रज्ञांनी कशा प्रकारे करून घेतला हे पुढील कोष्टकावरून समजून येईल.

कोष्टक क्र. ७.७

पॉलिइथिलिन	५३ टक्के
इथिलिन ऑक्साइड	१९ टक्के
इथिल आल्कोहोल	१२ टक्के
इथिल बेन्झिन	८ टक्के

(१) **पॉलिइथिलिन.**—इथिलिन वायूपासून आरंभ करून बहुवारिकीकरणाने बहुगुणी पॉलिइथिलिन बनते. पॉलिइथिलिन ह्या प्लॅस्टिक द्रव्याची निर्मिती हा इथिलिनचा सर्वात मोठा उपयोग. पॉलिइथिलिनचा रेणूभार फार मोठा असतो. परंतु तो नेमका किती असतो हे अनिश्चित आहे. त्याचप्रमाणे त्याचा विलयनांक पण ठराविक असा नाही. इथिलिनचे बहुवारिकीकरण बरेच अवघड आहे. पुष्कळसे अयशस्वी प्रयोग व निराशा ह्यातून शेवटी अचूक तंत्र

हाती आले. पॉलिइथिलिन ह्या प्लॅस्टिक द्रव्याचे मोठ्या प्रमाणावर उत्पादन शक्य झाले. प्लॅस्टिक द्रव्याच्या उपयुक्ततेमुळे त्याची लोकप्रियता सारखी वाढत आहे. १९७५ साली ह्या द्रव्याचे जागतिक उत्पादन एक कोटी टनावर जाईल असा अंदाज आहे. पॉलिइथिलिनच्या विविध उपयोगांमध्ये दोन उपयोगांचा विशेष उल्लेख केला पाहिजे. हे उपयोग लहानापासून थोरापर्यंत सर्वांच्या परिचयाचे आहेत. एक म्हणजे पातळ प्लॅस्टिक कागद व जाड ताव. अशा प्रकारचे कागद वाटेल तेवढ्या जाडीचे व आकाराचे बनविता येतात. थोड्या उष्णतेने ते एकत्र जोडले असता चिकटतात. पिशव्यांसाठी त्यांचा वापर सर्वत्र रूढ आहे. लहान मोठ्या वस्तूंवर किंवा यंत्रावर ह्या प्लॅस्टिकचे आवरण घातल्याने वस्तूवर धूळ बसत नाही किंवा लोखंडी भाग गंजत नाही. दुसरा परिचित उपयोग म्हणजे 'नम्य बाटल्या' (squeeze bottles). हाताने ह्या बाटल्या दाबल्या तर दबतात. परंतु दाब सोडल्यावर बाटल्या मूळचा आकार घेतात. थोडक्यात रबर व काच ह्यांचे एकत्र गुण असलेली अशी ही बाटली असते. ह्या बाटल्यांचा उपयोग औषधे, तेले, टॉमॅटो सॉस, लिंबू रस वगैरे पदार्थ ठेवण्यासाठी करतात. बाटली दाबल्यावर त्यामधून पाहिजे तेवढाच पदार्थ बाहेर येतो. अशा ह्या नम्य बाटल्या पुष्कळांच्या पाहण्यात असतील. पॉलिइथिलिनच्या रेणूमध्ये काही धातूंच्या अणूंचा अंतरभाव करून प्लॅस्टिक-मध्ये काही चांगले गुण आणता येतात. त्यापैकी प्रमुख गुण म्हणजे प्लॅस्टिकची पारदर्शकता हा होय.

(२) **इथिलिन ऑक्साइड.**—ह्याचे रेणू सूत्र म्हणजे $C_2 H_4 O$. इथिलिनपासून हे द्रव्य तयार होते. परंतु प्रत्यक्ष ह्या द्रव्याचा उपयोग फारच थोडा. परंतु इथिलिन ऑक्साइडपासून इथिलिन ग्लायकॉल हे उपयुक्त द्रव्य बनविता येते. थंड प्रदेशातील मोटारगाड्यांच्या मालकांना हे द्रव्य म्हणजे वरदान होय.

मोटारीच्या बाबतीत येणारी एक समस्या म्हणजे रेडिएटरमध्ये वापरावयाचे शीतक (coolant) द्रव्य. मोटार इंजिनामध्ये ज्वलनाने निर्माण होणारी उष्णता बाहेर सोडण्यासाठी एक यंत्र योजना असते. त्याला रेडिएटर म्हणतात. रेडिएटरमधील थंड पाणी उष्णतेने गरम होणे, पंख्याच्या झोताबरोबर येणाऱ्या वाऱ्याने ते पुन्हा गार होणे व ते पाणी परत परत वापरणे ही त्याची कार्यपद्धती.

सामान्यपणे उष्ण देशामध्ये हवेचे तपमान बरेच असल्यामुळे पाणी गोठून जाण्याची बिलकुल धास्ती नाही. परंतु थंड प्रदेशामध्ये विशेषत: हिवाळ्यामध्ये हवेचे तपमान ०° से. पेक्षाही कमी असते तेव्हा रेडिएटरमध्ये पाणी असून नसल्यासारखेच. उलट ते गोठून गेल्यामुळे नवीन अडचणी मात्र निर्माण होतात. पाणी गोठणार नाही ह्यासाठी पाण्यामध्ये गोठणरोधी द्रव्ये मिसळल्यास पाणी द्रवरूप राहून रेडिएटरचे काम अविरत चालते. गोठणरोधी द्रव्य म्हणजे इथिलिन ग्लायकॉल हे होय. हे द्रव्य पाण्यात मिसळल्यावर पाणी गोठत नाही. तपमान ०° से. खाली बरेच गेले तरी रेडिएटरचे काम चालू राहते. उष्ण कटिबंधातील लोकांना ह्या अडचणीची तीव्रता सहज ध्यानात येणार नाही. मोटारगाड्यांची निर्मिती व त्यांचा मोठ्या प्रमाणावर वापर प्रथम थंड प्रदेशातील लोकांनीच केला. त्यांच्या अडचणींचे स्वरूप फारच तीव्र होते. इथिलिन ग्लायकॉल व तत्सम इतर द्रव्यांचा उपयोग करता येतो हे समजून येईपर्यंत थंड हवेच्या देशांमध्ये, तीव्र थंडीच्या हंगामात किती तरी दिवस मोटारगाड्या स्थानबद्ध करून ठेवणे भाग पडत असे. इथिलिन ग्लायकॉलचे उत्पादन स्वस्त किमतीत व मोठ्या प्रमाणावर सुरू झाल्यावर थंड प्रदेशातही मोटारगाडी हे बारमाही वाहन झाले. मोटारगाड्या वापरण्याच्या दृष्टीने इथिलिन ग्लायकॉल ह्या द्रव्याला फार मोठे महत्त्व प्राप्त झाले. इथिलिन ग्लायकॉलचे सूत्र $OH\ CH_2-CH_2\ OH$ असे आहे.

(३) **इथिल आल्कोहोल.**—इथिल आल्कोहोलचे सूत्र आहे C_2H_5OH. इथिल आल्कोहोल हा अतिपक्व फळे, टाकाऊ गोड पदार्थ, मोलॅसिससारखे शर्करायुक्त पदार्थ किंवा तांदुळासारखे पिष्टमय पदार्थ यांचे आसवीकरण केल्याने तयार होतो. ही माहिती जुनी आहे. परंतु आल्कोहोलच्या निर्मितीसाठी अलिकडच्या काळातील पर्यायी द्रव्य म्हणजे इथिलिन. इथिलिनपासून आरंभ करून संश्लेषण पद्धतीने इथिल आल्कोहोलचे मोठ्या प्रमाणावर उत्पादन करतात.

आल्कोहोलचे प्रमुख उपयोग म्हणजे: (१) मद्य तयार करण्यासाठी, (२) काही औषधी द्रव्ये बनविण्यासाठी, (३) रासायनिक उद्योगांमध्ये द्रावक म्हणून, (४) पेट्रोलबरोबर मिश्रण करून मोटार इंधन म्हणून. आल्कोहोलशी मिश्रण केल्याने पेट्रोलच्या वापरामध्ये १०–१५ टक्के बचत होते.

पेट्रोलमध्ये १०–१५ टक्के आल्कोहोल मिसळण्याने इंजिनची कार्यक्षमता वाढते. पेट्रोलचा आघातविरोधी गुण वाढतो. परंतु इथिल आल्कोहोलचा उत्पादन खर्च जास्त येत असल्याने असे मिश्रण करून पेट्रोलची थोडी बचत करणे फक्त युद्धकाळामध्ये परवडते. आल्कोहोलच्या विविध क्षेत्रांतील उपयोगाची कल्पना पुढील कोष्टकावरून येईल. ही आकडेवारी अमेरिकेची असून ती १९६६ सालची आहे. इतर देशांमध्ये व त्याचप्रमाणे १९६६ सालानंतर ह्या उपयोग विभागणीमध्ये थोडाफार फरक होणे शक्य असले तरी आल्कोहोलच्या उपयोगांची कल्पना स्थूलमानाने येऊ शकते.

कोष्टक क्र. ७.८

*ॲसिटाल्डिहाइडसाठी	४३.४ टक्के
रासायनिक संश्लेषणासाठी	२१.६ टक्के
द्रावक म्हणून	३२.२ टक्के
किरकोळ	०.८ टक्का

* ॲसिटाल्डिहाइडपासून विविध कार्बनी द्रव्ये तयार करता येतात.

(३) **इथिल क्लोराइड.**—इथिलिनपासून ह्या द्रव्याची निर्मिती होते. इथिलिन व हायड्रोक्लोरिक आम्ल ह्यांच्या अभिक्रियेने हे द्रव्य तयार होते. ह्याशिवाय दुसऱ्या पद्धतीने पण इथिल क्लोराइड तयार करता येते. त्याचे रेणूसूत्र C_2H_5Cl असे आहे. हे वायुरूप असून त्याचा उत्कलनांक + १३° से. आहे. थोड्याशा दाबाखाली ते द्रव्य द्रवरूप धारण करते. इथिल क्लोराइडचे किरकोळ उपयोग पुष्कळ आहेत. उदाहरणार्थ शेतीमध्ये बटाट्याची वाढ लवकर होण्यासाठी उत्तेजक द्रव्य म्हणून व लिंब जातीची फळे व टॉमॅटो कृत्रिमरीत्या पक्व करण्यासाठी. परंतु त्याचा प्रमुख उपयोग होतो तो टेट्राइथिल-लेड हे द्रव्य बनविण्यासाठी. इथिल क्लोराइड व सोडिअम लेड (शिसे) हे संमिश्रण ह्यांच्या रासायनिक अभिक्रियेने शेवटी टेट्राइथिल लेड हे द्रव्य सिद्ध होते. टेट्राइथिल लेड ह्याचा उपयोग मुख्यत: पेट्रोलचे ज्वलन गुण सुधारण्यासाठी होतो. ह्याचे सूत्र म्हणजे $Pb(C_2H_5)_4$.

मोटारच्या इंजिनच्या दृष्टीने नैसर्गिक किंवा भंजन करून मिळविलेल्या पेट्रोलमध्ये एक दोष होता. तो म्हणजे इंजिनची कार्यक्षमता वाढविण्यासाठी

संपीडन (compression) वाढविण्यात आले तेव्हा इंजिन चालताना मोठी खडबड, आदळआपट व्हावी तसा आवाज इंजिनमधून येऊ लागला. इंजिनचे कार्य सुव्यवस्थितपणे चालण्यासाठी केवळ पेट्रोल वापरून चालणार नव्हते. ह्या दृष्टीने केलेल्या पुष्कळ प्रयोगांती १९२३ साली इंजिनच्या दोषावर उपाय म्हणून टेट्राइथिल लेड ह्या द्रव्याचा पेट्रोलमध्ये पूरक किंवा समावेशी द्रव्य म्हणून उपयोग करण्याला सुरुवात झाली. टेट्राइथिल लेड मिश्रित पेट्रोल बाजारात मिळू लागले. त्यानंतर मोटार इंजिन चालताना होणारी कटकट थांबली. इंजिनची कार्यक्षमता सुधारली. परंतु त्यामध्ये एक दोष आहे. हे द्रव्य शिसेयुक्त असल्याने ते विषारी आहे. पेट्रोलचे ज्वलन झाल्यावर बाहेर पडणाऱ्या वायूझोतामध्ये किंवा एक्झॉस्ट वायूमध्ये शिश्याचे अल्प प्रमाण असते. ह्यामुळे टेट्राइथिल लेड ह्या द्रव्याच्या वापरावर टीका होत असे. विशेषतः अलिकडे हवेचे वाढते प्रदूषण टाळण्यासाठी ह्याला पर्यायी द्रव्य वापरण्याची किंवा एक्झॉस्टवर शिसे शोषून घेणारी यंत्र योजना असावी अशी आरोग्यखात्याची मागणी प्रगत देशांमध्ये येऊ लागली आहे.

वरीलप्रमाणे अकार्बनी घटक असलेल्या व इथिलिनपासून प्राप्त होणाऱ्या दुसऱ्या दोन द्रव्यांचा निर्देश ह्या ठिकाणीच करणे उपयुक्त ठरेल. ती द्रव्ये म्हणजे ट्रायइथिलिन अल्युमिनिअम व ट्रायइथिलिन बोरान ही होत. ह्या द्रव्यांचा पेट्रोल-मध्ये उपयोग करीत नाहीत. त्यामुळे त्यांना फारशी प्रसिद्धी नाही. ह्या द्रव्यांचा असाधारण गुण म्हणजे ती द्रव्ये स्वतःच पेटतात व त्यामुळे आग लावू शकतात. उंचावरून प्रवास करणाऱ्या विमानातील इंधन पेटविण्यासाठी त्याचा उपयोग होतो. ह्यांचा दुसरा उपयोग अगदी निराळ्या कामी होतो. बहुवारिकीकरणामध्ये एकेरी रेणूंची माळ किती मोठी करावयाची हे कोणत्या गुणधर्माचे द्रव्य पाहिजे असेल त्यावर अवलंबून असते. त्यासाठी ह्या मालिकेची लांबी आधीच नियोजित करावी लागते. पाहिजे तेवढी म्हणजे विशिष्ट एवढी मालिका मोठी झाल्यावर, मालिका पुढे वाढू न देण्याचे कार्य ही द्रव्ये करू शकतात.

(४) **इथिल बेन्झिन**.—इथिलिन व बेन्झिन ह्यांच्या संयोगामुळे इथिल बेन्झिन तयार होते. ह्याचा प्रमुख उपयोग म्हणजे त्यापासून स्टायरिन (styrene) नावाचे द्रव्य तयार होते हा होय. स्टायरिन रेणूचे सूत्र $C_6H_5CH = CH_2$

असे आहे. त्याचे अमेरिकेतील उत्पादन २ कोटी टन एवढे होते. त्याचा मुख्य उपयोग पॉलिस्टायरिन हे प्लॅस्टिक द्रव्य बनविण्यासाठी व स्टायरिन ब्युटाडाइन हे रबरसदृश द्रव्य तयार करण्यासाठी होतो.

पॉलिस्टायरिन हे द्रव्य स्टायरिनच्या बहुवारिकीकरणाने तयार होते. विशिष्ट तपमान व उत्प्रेरक ह्यांच्या मदतीने पुष्कळ स्टायरिन रेणू एकमेकांना जोडले जातात व त्यांची लांब मालिका होते. तीच मालिका म्हणजे पॉलिस्टायरिन. पॉलिस्टायरिनचा प्लॅस्टिकमध्ये उपयोग होतो. त्याच्या विविध उपयोगांपैकी दोन उपयोग विशेष लक्षवेधी आहेत. एक म्हणजे पॉलिस्टायरिनचा पॅकिंगसाठी उपयोग होतो. दुसरा उपयोग पोकळ बुडबुडेयुक्त प्लॅस्टिक म्हणजे फोमप्लॅस्टिक-साठी होतो. फोम प्लॅस्टिक हा विद्युतविरोधक व उष्णताविरोधक असा हलका बोर्ड असतो. ह्यामध्ये वापरण्यात आलेले द्रव्य एवढे हलके होते की त्याचे जडत्व कॉर्कच्या (बूच) किंवा भेंडीच्या निम्मे असते. 'स्टायरो फोम' ह्या नावाखाली बर्फ ठेवण्याची जाड पसरट तोंडाची भांडी, बादल्या वगैरे तयार करतात. ह्या वस्तू महाग असल्या तरी त्यांच्या अतीव हलकेपणामुळे त्यांची लोकप्रियता प्रसिद्ध आहे. अतीव हलकेपणा हा पॉलिस्टायरिनमध्ये अडकून बसलेल्या पोकळ बुडबुड्यांमुळे आलेला आहे. ह्या द्रव्याची घडण होत असताना कार्बनडायॉक्साइड किंवा दुसरा एखादा वायू तयार होऊन त्याचे सूक्ष्म बुडबुडे तयार होत असतानाच पॉलिस्टायरिन घट्ट होत जाते. त्यामुळे आतील वायू निसटला तरी तयार झालेला बुडबुड्यांचा पोकळ आकार तसाच राहतो. हेच त्या हलकेपणाचे गुपित होय. आपला बहुछिद्रयुक्त पाव हासुद्धा कार्बन-डायॉक्साइडच्या बुडबुड्यांमुळे बनलेला असतो. तशीच काहीशी ही घडण आहे.

प्रॉपिलिनपासून निघणारी रसायने

प्रॉपिलिन रेणूसूत्र $CH_3\ CH = CH_2$ आहे. ह्यामध्ये ३ कार्बन अणू असल्याने ह्यांना C_3 ऑलिफिन असे म्हणतात. प्रॉपिलिन हे द्रव्य मिळविण्याचे साधन म्हणजे तेलशुद्धीकरणामध्ये मिळणारा वायू, हेच साधन प्रमुख होय. ह्याशिवाय अन्य साधने आहेत. इथेनचे भंजन केल्यावर इथिलिनबरोबर प्रॉपिलिन वायू पण मिळतो. परंतु त्याचे प्रमाण इथिलिनच्या प्रमाणाच्या अवघे ४ टक्के असते. परंतु प्रॉपेनच्या भंजनामध्ये मात्र इथिलिनबरोबर मिळणारा

प्रॉपिलिन त्याच्या ४० टक्के असतो. नॅफ्थाच्या भंजनामध्ये इथिलिन व प्रॉपिलिन ह्यांचे परस्पर प्रमाण १०० : ६५ असे असते. शेवटच्या तीन साधनांपासून प्रॉपिलिनचे उत्पादन अमेरिकेमध्ये १९६६ साली ८ लक्ष टन एवढे झाले तर त्याचवर्षी तेलशुद्धीकरणामधून निघणाऱ्या सर्व प्रॉपिलिनपैकी पेट्रोरसायनांसाठी १८ लक्ष टन प्रॉपिलिनचे उत्पादन झाले. ह्या सर्व उत्पादनांमध्ये मुख्य अडचण म्हणजे प्रॉपिलिनचे उत्पादन हे इथिलिनच्या उत्पादनाशी बरेचसे निगडीत आहे. त्यामुळे प्रॉपिलिनची गरज वाढली तर जादा इथिलिन-निर्मितीचे काय करावयाचे ह्याचा विचार करावा लागेल.

प्रॉपिलिनच्या उपयोगामध्ये प्रमुख म्हणजे आयसोप्रॉपिल आल्कोहोल, पॉलिप्रॉपिलिन, ॲक्रिलोनायट्राइल हे होत. ह्याशिवाय ग्लिसरीनसारखे इतर पदार्थ पण कमी जास्त प्रमाणात प्रॉपिलिनपासून तयार करता येतात.

आयसोप्रॉपिल आल्कोहोल.—ह्याचे रेणूसूत्र म्हणजे $CH_3 CH (OH) CH_3$. प्रॉपिलिनच्या सजलीकरणाने हा आल्कोहोल तयार होतो. ह्याचा मुख्य उपयोग ॲसिटोनच्या निर्मितीमध्ये होतो. १९६७ साली अमेरिकेच्या आयसोप्रॉपिल आल्कोहोलच्या सर्व उत्पादनांपैकी ५४ टक्के ॲसिटोन तयार करण्यासाठी वापरण्यात आले. ह्या पद्धतीने ॲसिटोन मोठ्या प्रमाणावर तयार होऊ लागल्यावर त्याचे पुष्कळ व्यावहारिक उपयोग शोधून काढण्यात आले आहेत. द्रावक म्हणून ॲसिटोनचा उपयोग फार जुना आहे.

आयसोप्रिन (सूत्र $C_5 H_8$) हे प्रॉपिलिनपासून विविध प्रक्रियांनी तयार होते. आयसोप्रिनच्या बहुवारिकीकरणाने पॉलिआयसोप्रिन बनते. हे द्रव्य वापरून संश्लेषित रबर बनवितात. ह्या द्रव्याचे वैशिष्ट्य म्हणजे नैसर्गिक रबरामध्ये हेच द्रव्य असते. त्या अर्थाने पॉलिआयसोप्रिन रबर हाच तेवढा खरा संश्लेषित रबर म्हणता येईल.

पॉलिप्रॉपिलिन ह्याची निर्मिती प्रॉपिलिनच्या बहुवारिकीकरणाने होते. हे पॉलिइथिलिनपेक्षा वजनाने हलके असते व त्याचा द्रवणांक जास्त असतो. त्यामुळे पॉलिइथिलिनपेक्षा थोड्या जास्त तपमानापर्यंत वापरता येते. त्याचे विद्युतविरोधी गुण जास्त प्रभावी आहेत. त्यामध्ये तुलनेने चिवटपणा व

पारदर्शकता हे गुण जास्त प्रमाणात असतात. पॉलिप्रॉपिलिनचा पृष्ठभाग जास्त चमकदार असतो. त्याचा उपयोग साचेकामासाठी व तंतू, पातळ पारदर्शक कागद व जाड तक्ते ह्यासाठी होतो. इंग्लंडमध्ये पॉलिप्रॉपिलिनचा वापर विशेष लोकप्रिय दिसतो. त्या ठिकाणी सरासरी दरमाणशी दरसाल ०.३४ किलो पॉलिप्रॉपिलिन वापरले जाते. पॉलिइथिलिनप्रमाणेच पॉलिप्रॉपिलिनचा उपयोग रबरसदृश द्रव्ये बनविण्यासाठी होतो.

ॲक्रिलोनायट्राइल.—ह्याचे रेणूसूत्र $CH_2 = CH\ (CN)$ आहे. हे द्रव्य प्रॉपिलिन व अमोनिआ ह्यांच्या रासायनिक अभिक्रियेने तयार होते. ह्याचा प्रमुख उपयोग मानवनिर्मित कापडतंतूसाठी होतो.

ग्लिसरीन.—ह्याचा परिचय सर्वांना आहे. ह्याचे रासायनिक नाव ग्लिसरॉल असून त्याचे रेणूसूत्र $CH_2\ (OH)\ CH\ (OH)\ CH_2\ (OH)$ आहे. पूर्वी ग्लिसरीनचे उत्पादन साबण तयार करण्याच्या धंद्याशी निगडीत होते. म्हणजे तेलापासून साबण तयार झाल्यावर त्यामधून ग्लिसरीन हे एक उपउत्पादन निघत असे. परंतु ग्लिसरीनची वाढती मागणी, ह्या पद्धतीने मिळणारे ग्लिसरीन पुरवू शकत नाही. त्यामुळे प्रॉपिलिनपासून निघणाऱ्या ग्लिसरीनवरच मुख्य भरिभार ठेवणे आवश्यक झाले. उदाहरणार्थ अमेरिकेमध्ये ५८ टक्के ग्लिसरीन ह्याच पद्धतीने तयार होते. १९६६ साली हे उत्पादन ९१,५०० टन एवढे होते. ग्लिसरीनच्या उत्पादनाचे नवीन मार्ग हाती आल्याने ग्लिसरीनचे नवीन उपयोग शोधून काढण्याच्या प्रयत्नावरील मर्यादा आता राहिल्या नाहीत. ग्लिसरीनचे प्रमुख उपयोग आल्किड रेझिन, औषधे, सौंदर्यप्रसाधने, तंबाकू, सिलोफेन, काही खाद्यपदार्थ व पेये ह्यांच्यासाठी होतो. ग्लिसरीनचा सुप्रसिद्ध उपयोग आहे तो ट्रायनायट्रो ग्लिसरीनसारखे प्रभावी स्फोटक द्रव्ये बनविण्यासाठी. परंतु ह्या कामी अमेरिकेमध्ये तरी अवघे ५ टक्के उत्पादन वापरले जाते.

ब्युटिलिनपासून निघणारी रसायने

ब्युटिलिनचे रेणूसूत्र $CH_3\ CH = CH\ CH_3$ आहे. ह्यालाच ब्युटिन असेही म्हणतात. ह्यामध्ये चार कार्बन अणू असल्याने ह्याला C_4 ऑलिफिन असे म्हणतात. ह्या ऑलिफिनचे उत्पादन खनिज तेलाच्या उत्प्रेरक भंजनातून

होते. इथिलिनचे उत्पादन मुख्यतः उष्णताभंजनातून होते. उत्प्रेरक भंजनाच्या प्रक्रियेमध्ये ब्युटिलिनबरोबर एक, दोन, तीन व चार कार्बन अणू असलेल्या इतर पुष्कळ द्रव्यांचे मिश्रण तयार होते. ऊर्ध्वपातन व द्रवीकरण ह्या प्रक्रिया वापरून ह्या मिश्रणातील C_1 C_2 C_3 हे विभाग वेगळे केल्यावर C_4 द्रव्याची पुढे दिल्याप्रमाणे पोट-विभागणी करण्यात येते. ह्या विभागणीमध्ये येणारे घटक.

कोष्टक क्र. ७.९

क्रमांक	घटक द्रव्य	सूत्र	उत्कलनांक
१	नॉर्मल ब्युटेन	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	—०.५° से.
२	आयसो ब्युटेन	$CH_3-\overset{\overset{H}{\vert}}{\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{C}}-CH_3$	—१०° से.
३	१ ब्युटिन (ब्युटिलिन)	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$	—५° से.
	२ ब्युटिन (ब्युटिलिन)	$CH_3-\underset{H}{C}=\underset{H}{C}-CH_3$	+२° से.
	आयसो ब्युटिन (ब्युटिलिन) ..	$CH_2=C(CH_3)_2$	—६° से.
४	ब्युटाडाइन	$CH_2=\underset{H}{C}-\underset{H}{C}=CH_2$	—३° से.

ह्या द्रव्यांवर विविध रासायनिक अभिक्रिया करून व्यवहारामध्ये उपयोगी अशी द्रव्ये बनविता येतात. त्यांतील प्रमुख म्हणजे तीन प्रकारची रबरसदृश द्रव्ये, उच्च ऑक्टेनांक प्राप्त करून देणारी द्रव्ये व द्रावक ही आहेत.

(१) नॉर्मल ब्युटेन, १ ब्युटिन, २ ब्युटिन } विहायड्रोजनीकरण { ब्युटाडाइन (C_4H_6)

ब्युटाडाइनपासून पॉलिब्युटाडाइन रबर व स्टायरिनबरोबर ब्युटाडाइन स्टायरिन रबर. स्टायरिनचा अंतर्भाव केल्याने रबरामध्ये घर्षणविरोधी गुण म्हणजे सहज न झिजणे हा गुण येतो.

(२) नार्मल ब्युटेनच्या समघटकीकरणाने आयसोब्युटेन तयार होते. आयसोब्युटेन व आयसोब्युटिलिन ह्यांच्या अभिक्रियेने तयार होणारे द्रव्य उच्च ऑक्टेनांक मिळविण्यासाठी पेट्रोलमध्ये मिसळतात.

(३) १ ब्युटिन } ह्यांची आयसो ब्युटिलिनशी अभिक्रिया झाल्याने तयार
२ ब्युटिन } होणारी द्रव्ये उच्च ऑक्टेनांकासाठी पेट्रोलमध्ये वापरतात.

(४) आयसोब्युटाडाइनपासून टर्शिअरी ब्युटिल आल्कोहोल व आयसोप्रिन-बरोबर सह बहुवारिकीकरणाने ब्युटिलिन रबर तयार होतो.

ब्युटाडाइनचे उत्पादन अमेरिकेमध्ये १९६६ साली १३ लक्ष टन एवढे झाले. त्याच्या उपयोगाची विभागणी पुढीलप्रमाणे आहे :

कोष्टक क्र ७.१०

स्टायरिन-ब्युटाडाइन रबर (SBR)	६० टक्के
पॉलिब्युटाडाइन रबर (BR)	१४ टक्के
नायट्राइल रबर (NBR)	४ टक्के
ॲडिपो नायट्राइल	७ टक्के
इतर	१५ टक्के

ब्युटिल रबर ह्याला आरंभीचा एक मानवनिर्मित रबर म्हणून आगळे महत्त्व आहे. गेल्या महायुद्धामध्ये नैसर्गिक रबराची तीव्र टंचाई निर्माण झाली, त्यावेळी ह्या रबराने दोस्त राष्ट्रांची बाजू सावरून धरली. ह्या रबराचा आरंभी फक्त मोटारीच्या टायरमधील रबरी नळी (ट्यूब) साठी उपयोग करीत असत. त्याचा प्रमुख गुण म्हणजे ऑक्सिजन किंवा ओझोन अथवा नायट्रिक आम्ल ह्यांचा त्यांच्यावर फारच थोडा अनिष्ट परिणाम होतो. ह्या रबराची बनविलेली पिशवी किंवा थैली वायूंना अपार्य असल्यामुळे पुष्कळ दाबाखाली आत भरलेला वायू बाहेर निसटून जात नाही. त्यामुळेच टायरच्या आतील नळी, बलून, पुष्कळ दाबाखाली काम देणारी रबरी नळी ह्यांसाठी त्याचा वापर रूढ आहे. ह्या क्षेत्रातील अलिकडील प्रगती म्हणजे ५० ते ५५ टक्के घन रबर असलेला द्रवरूप रबर तयार करणे. म्हणजेच नैसर्गिक रबराचा जसा चीक असतो तसाच हा द्राव असतो. हा द्राव रबराच्या चिकाप्रमाणे वापरता येतो.

खनिज तेलापासून ॲरोमॅटिक द्रव्ये

बेन्झिन, टालुइन, झायलिन वगैरे ॲरोमॅटिक व इतर वलययुक्त संयुगांचा उपयोग कित्येक वर्षे लोकांच्या परिचयाचा आहे. उदाहरणार्थ, रंगद्रव्ये, औषधे, स्फोटके, कीटकनाशके, जंतुनाशके अशा कितीतरी द्रव्यांसाठी लागणारी

आरंभद्रव्ये म्हणून ॲरोमॅटिक व इतर वलययुक्त द्रव्यांचा वापर मोठ्या प्रमाणावर होत आहे. अलिकडे ह्या द्रव्यांना नवीन क्षेत्र लाभले आहे. फिल्म, कापडतंतू, साचे-काम ह्यासाठी लागणारी संयुगे वगैरेसाठी ॲरोमॅटिक द्रव्यांचा आरंभद्रव्ये म्हणून उपयोग होऊ लागला आहे. त्यापासून बहुवारिकीकरणानें तयार झालेली द्रव्ये बऱ्याच तपमानाला टिकून राहतात. त्याउलट ॲलिफॅटिक संयुगे ह्या तपमानाला भंजन पावतात. ॲरोमॅटिक द्रव्यापासून बनलेल्या द्रव्यांचा दुसरा महत्त्वाचा गुण म्हणजे त्यांच्यावर प्रारणांचा परिणाम फारसा होत नाही. ह्यामुळे अवकाश संचारामध्ये वापरलेल्या अशा वस्तूंमध्ये बिघाड न होता त्या टिकाव धरू शकतात.

ॲरोमॅटिक द्रव्ये मिळविण्याचे पूर्वीचे प्रमुख साधन म्हणजे दगडी कोळसा हे होय. पोलादाच्या निर्मितीसाठी कोक लागतो. हवाविरहित भट्टीमध्ये कोळसा तापविल्यावर, त्यातून कोकबरोबर डांबर व जळाऊ वायू हे पदार्थ मिळतात. डांबरापासून ॲरोमॅटिक द्रव्ये मिळविता येतात. परंतु ह्या द्रव्यांच्या उत्पादनावर मर्यादा पडतात. पोलादाचे उत्पादन जेवढे हवे असेल, त्याच प्रमाणात ॲरोमॅटिक द्रव्ये मिळू शकतात. ॲरोमॅटिक द्रव्यांची मागणी वाढू लागली तेव्हा मात्र हा मार्ग अपुरा पडू लागला. पर्यायी मार्ग शोधण्याच्या कामाला शास्त्रज्ञ लागले.

खनिज तेलाच्या (१) ऊर्ध्वपातनातील एका विभागापासून, (२) शुद्धीकरणाच्या प्रक्रियेमध्ये मिळणाऱ्या वायूचे पुनर्घटन करून व (३) नॅफ्थाच्या भंजनापासून ॲरोमॅटिक द्रव्ये मिळणे शक्य झाले आहे. ॲरोमॅटिक द्रव्यांची वाढती मागणी अमेरिकेमध्ये १९६० सालापर्यंत निम्म्यापेक्षा थोडी जास्तच कोळशाच्या डांबरापासून पुरविली जात असे. उरलेला भाग खनिज तेलापासून मिळत असे. परंतु आता ॲरोमॅटिक द्रव्यांचा पुरवठा प्रामुख्याने खनिज तेलापासून होऊ लागला आहे. पश्चिम युरोपमध्ये आरंभी तरी मुख्य भरीभार डांबरावर होता. परंतु आता मात्र ॲरोमॅटिक द्रव्यांची विशेषत: बेन्झिनची गरज खनिज तेलच पुरवू लागले आहे.

खनिज तेलातून मिळणाऱ्या ॲरोमॅटिक द्रव्यांचा एक उपयोग म्हणजे पेट्रोलमध्ये त्यांचा अंतर्भाव केल्यास पेट्रोलचा ऑक्टेनांक वाढतो. अशा ह्या सुधारित पेट्रोलची मागणी युद्ध काळात विशेषत: विमानासाठी लागणाऱ्या ॲव्हिएशन

पेट्रोलसाठी होत होती. नंतरच्या काळात विमानाचे तंत्र बदलले व जेट विमाने रूढ झाली. त्यांना पेट्रोल हे इंधन लागत नसल्याने सुधारित पेट्रोलची मागणी काही प्रमाणात कमी झाली. आणि त्या प्रमाणात खनिज तेलामधील ॲरोमॅटिक द्रव्ये इतर कामासाठी उपलब्ध होऊ लागली.

अमेरिकेमध्ये १९६६ साली कोळसा व खनिज तेल ह्यापासून झालेली ॲरोमॅटिक उत्पादने.

कोष्टक क्र. ७.११ *(लक्ष गॅलन)

ॲरोमॅटिक द्रव्य	*कोळसा	*खनिज तेल
बेन्झिन	१,१६०	८,६४०
टालूइन	३३०	५,६४०
झायलिन	६०	४,३२०

खनिज तेलापासून बेन्झिन, टालुइन व झायलिन काढण्यात येऊ लागल्यावर एक नवीन अडचण उपस्थित झाली. ह्या द्रव्यांचे परस्पर प्रमाण साधारणपणे ठरलेले असल्यामुळे बेन्झिनचे उत्पादन वाढविल्यास साहजिकच टालुइन व झायलिन ह्यांचे पण प्रमाण वाढते. पेट्रोरसायनांमध्ये बेन्झिनला जशी मागणी होती तशी मागणी इतर दोन द्रव्यांना नव्हती. त्यामुळे टालुइन व झायलिन ह्यांच्या जादा उत्पादनाचे काय करावयाचे हा प्रश्न आलाच. सामान्यपणे तीन द्रव्यांच्या मागणीचे म्हणजे गरजेचे शेकडेवारी प्रमाण बेन्झिन ६५ टक्के, टालुइन २० टक्के, झायलिन १५ टक्के असे आहे.

अमेरिकेमध्ये १९६६ साली बेन्झिनचे ८,००० लक्ष गॅलन म्हणजे २६ लक्ष टन इतके उत्पादन झाले. त्याचे प्रमुख उपयोग म्हणजे.

कोष्टक क्र. ७.१२ (लक्ष गॅलन)

द्रव्य	खनिज तेल
स्टायरिन	३,०००
फिनॉल	१,६२०
सायक्लोहेक्झेन	१,६००
निर्मलक	२८०
ॲनिलिन	२३०
डी. डी. टी.	१७०

हे होत. बेन्झिनचे उत्पादन व त्याच प्रमाणात त्याचा वापर पण सारखा वाढत आहे. वाढत्या टालुइनच्या उत्पादनाचे नवीन नवीन उपयोग शोधून काढणे चालू आहे. टालुइनचा एक उपयोग म्हणजे त्यापासून बेन्झिन बनविणे. त्याशिवाय द्रावक, औषधे, टी.एन.टी. ह्यामध्ये व अन्न परिरक्षक म्हणून सोडिअम बेन्झोएट तयार करण्यामध्ये त्याचा उपयोग होतो.

झायलिनचे तीन समघटक असून ते एकत्र असतात. त्यांची नावे म्हणजे ऑर्थो, मेटा व पॅरा-झायलिन अशी आहेत. त्यांना पृथक करणे सोपे नाही. परंतु त्यांच्या पृथक्करणाचे तंत्र प्रस्थापित झाल्यावर ह्या द्रव्यांचे विविध उपयोग शोधून काढण्यात आले आहेत. झायलिन हे साधन द्रव्य वापरून पॉलिएस्टर कापड तंतू व थॅलिक-ॲन्हायड्राइड ह्याचा प्लॅस्टिक द्रव्ये बनविण्या-साठी उपयोग होतो.

वंगण तेल आणि ग्रीज

दोन पृष्ठभागांमधील घर्षणामुळे तपमान वाढते व झीज होते. ह्याचा अनुभव सर्वांनाच आहे. तपमान वाढल्याने पृष्ठभागाचा गुळगुळीतपणा जातो व कालां-तराने उष्णतेने व घर्षणाने पृष्ठभाग खराब होतो. यंत्रांचे निरनिराळे फिरते भाग एकमेकांत अडकविलेले असतात. त्या भागांची अशा रीतीने खराबी झाल्यास यंत्रामध्ये बिघाड निर्माण होतो. दोन पृष्ठभागांतील घर्षण टाळण्या-साठी गरजेप्रमाणे वंगण तेल किंवा ग्रीज ही वापरतात व यंत्रांची कार्यक्षमता टिकवितात. वंगण हे आहे तरी काय व ते कसे तयार करतात हे पाहू.

वापरात असलेली बहुतेक सर्व वंगण तेले व ग्रीज ह्यांतील मुख्य घटक द्रव्ये खनिज तेलापासून मिळतात. खनिज तेलाच्या शुद्धीकरणामध्ये जी विविध प्रकारची द्रव्ये मिळतात, त्यांमध्ये वंगणाला उपयोगी अशी द्रव्ये साधारणतः ४ ते ५ टक्के असतात. हे प्रमाण खनिज तेलाच्या उगमस्थानावर व त्याच्या प्रकारांवर अवलंबून असते.

वंगणाचा घर्षणविरोधी गुण म्हणजे त्याचा 'दाटपणा' किंवा 'विष्यंदिता' (viscosity). विशिष्ट कार्यानुरूप कमी किंवा जास्त 'विष्यंदिता' असलेली वंगण तेले निवडली जातात. इंधनाप्रमाणे वंगणाची तेले जळून नाहीशी होत नाहीत

तर ती तेले दोन पृष्ठभागांमध्ये राहतात किंवा ठेवावी लागतात. वंगणा-मध्ये विष्यंदितेबरोबर उष्णतेने विष्यंदितेमध्ये फारसा फेरफार न होणे किंवा कालांतराने त्यामध्ये रासायनिकदृष्टचा फेरबदल न होणे हे पण नकारात्मक गुण असावे लागतात.

तेलशुद्धीकरणामध्ये पेट्रोल, केरोसीन, डिझेल वगैरे द्रव्यसमूह वेगळे केल्यानंतर उर्वरित पेट्रोलिअममध्ये वंगणाचे तेल असते. ते ऊर्ध्वपातनाने इतर तेल प्रकारा-प्रमाणे वेगळे करता येते. वंगण तेलाचा उत्कलनांक साधारणतः ४००° से. च्या जवळपास असतो. त्यामध्ये साधारणतः १६ कार्बन अणू किंवा त्यापेक्षाही जास्त कार्बन अणूयुक्त हायड्रो-कार्बन द्रव्ये असतात. वंगण तेलाचा हा जो विभाग वेगळा करण्यात येतो त्यामध्ये कमी जास्त दाटपणा असलेले असे विविध उपविभाग मोडतात. हे उपविभाग वंगण तेल विभागाकडून वेगळे वेगळे करण्यासाठी निर्वात ऊर्ध्वपातन तंत्र वापरतात. वेगळे झालेले उपघटक म्हणजे शुद्ध द्रव्ये किंवा एकजिनसी असतात असे नाही. वंगणाचे गुण विशिष्ट प्रमाणात किंवा मर्यादांमध्ये असलेले व त्यांचे उत्कलनांक जवळजवळ असे असतात. प्रत्यक्ष व्यवहारामध्ये निरनिराळ्या गुणधर्मांची वंगणे लागतात. मनगटी घड्याळातील चक्रे व मालवाहू ट्रकचे इंजिन ह्या दोघांनाही वंगणाची जरूरी असते. परंतु त्यामध्ये पुष्कळच तफावत असते. एक चांगलेच पातळ, प्रवाही असावे लागते. दुसरे जड व कमी प्रवाही असते. ज्या ठिकाणी उन्हाळा व हिवाळा ह्यांमधील तपमानामध्ये पुष्कळ फरक असतो, त्या ठिकाणी ऋतुमानाप्रमाणे निरनिराळी वंगण तेले वापरावी लागतात.

उष्ण तपमानाला दाटपणा वगैरे गुणांनी सुयोग्य असलेले वंगण तेल थंडीमध्ये तेवढे कार्यक्षम राहणार नाही. म्हणून तपमानामध्ये बदल झाला तरी कार्यक्षमता कायम टिकेल अशा दोन किंवा अधिक वंगण उपविभागांचे संमिश्रण करावे लागते. वंगण तेलाचे हे पोट-विभाग वेगळे वेगळे करण्यासाठी निर्वातावस्थेतील ऊर्ध्वपातन करणे, त्यामधील अपायकारक द्रव्ये द्रावकांचा उपयोग करून काढून टाकणे व वंगण तेलाचा प्रवाहीपणा, पारदर्शकता व रंग ह्या गुणांमध्ये सुधारणा करणे ह्यासाठी विविध प्रक्रिया कराव्या लागतात. वंगण तेल महाग पडते ह्याचे हेच कारण होय.

काही वंगण विभागांमध्ये मेण आलेले असते. योग्य द्रावक वापरून मेण वेगळे काढावे लागते. दुसरा मार्ग म्हणजे वंगण तेल एकदम गार केल्यावर त्यातील मेण स्फटिक रूपाने वेगळे होते. वंगण तेल गाळल्यावर मेणविरहित तेल तयार होते. मेण ही वंगण तेलामध्ये असलेली परंतु तापदायक ठरलेली अडगळ आहे. परंतु वंगण तेलातून मेण वेगळे काढल्यावर, त्याचे मेण म्हणून स्वतंत्र व पुष्कळ उपयोग आहेत. त्यामुळे वंगण तेल शुद्धीकरण कारखाना व मेण उत्पादन कारखाना हे एकत्र असणे दोन्ही उत्पादकांना उपकारक आहे.

ग्रीज

पेट्रोलिअम ग्रीज हा अर्धघन किंवा घन असतो. त्यामध्ये प्रामुख्याने खनिज तेल व साबण ह्यांचे मिश्रण केलेले असते. त्याचा दर्जा वंगण तेलापेक्षा कमी मानला जातो. तरीपण काही ठिकाणी वंगणासाठी ग्रीज वापरणे सोयीचे असते. विशेषत: अवजड यंत्रामध्ये उदाहरणार्थ पत्रे बनविण्याचे परिवलनरूळ यंत्रे, काही विद्युत मोटारी वगैरे ठिकाणी घर्षण टाळण्यासाठी ग्रीजचा उपयोग होतो. शिवाय ग्रीज घनरूप असल्याने तपमान वाढले तरी तेलाप्रमाणे ग्रीज उडून जात नाही. ग्रीज जलरोधी असल्याने यंत्रामध्ये आर्द्रता शिरण्याचा धोका कमी असतो.

ग्रीजमध्ये तेलाबरोबर वापरावयाचा साबण हा कॅल्शिअम, बेरिअम, ॲल्युमिनिअम, पोटॅशिअम किंवा सोडिअम ह्यांचा तैल आम्लाशी झालेला संयुग असतो. सोडिअम व पोटॅशिअम साबण पाण्यामध्ये सहज विरघळतो. इतर धातू असलेले साबण पाण्यामध्ये विरघळत नाहीत. (म्हणून तर कपडे धुण्याच्या दृष्टीने ह्या साबणांचा काही उपयोग नसतो.) साहजिकच त्यामुळे हे जलविरोधक किंवा जलरोधी असतात. कॅल्शिअम ग्रीजचा द्रवणांक १००° से. च्या जवळपास असतो. यंत्राचे तपमान ५०° से. पेक्षा जास्त वाढणार नसेल तरच हा ग्रीज वापरता येतो. ह्याउलट सोडिअम ग्रीजचा द्रवणांक २००° से. असल्याने त्याचा वापर १५०° से. तपमानापर्यंत करता येतो. परंतु पाण्याची वाफ असेल किंवा आर्द्रता असेल तर मात्र सोडिअम ग्रीज फारसा उपयोगी नसतो. अशाच परिस्थितीमध्ये बेरिअम ग्रीज किंवा अल्युमिनिअम ग्रीज वापरतात. विमानातील यंत्रांसाठी लिथिअम ग्रीजची शिफारस केली जाते. चांगले लोण्याप्रमाणे मऊ असणे व एकजीव असणे ही उत्तम ग्रीजची लक्षणे मानतात.

भारत आणि वंगण तेले

भारतामध्ये वंगण तेले व ग्रीज ह्यांच्या उत्पादनांच्या बाबतीत झालेली प्रगती निश्चित उल्लेखनीय आहे. प्रारंभी भारतामध्ये वंगणाचे तेल तयार करणारी एकच कंपनी होती. ती म्हणजे ' आसाम ऑइल कंपनी '. ही कंपनी दिग्बोई येथील तेलशुद्धीकरण कारखान्यामधून दरसाल ५० हजार टन वंगणाचे तेल तयार करीत होती. त्यानंतर ' इंडियन ऑइल कार्पोरेशन 'ने बरौणी येथील रिफायनरीच्या उद्योग समूहामधून १९६७ सालापासून ४६ हजार टन वंगण तेल उत्पादनक्षमता असलेल्या कारखान्यांतून उत्पादनाला सुरवात केली. १९६९-७० साली आणखी दोन कारखान्यांनी वंगण तेलाचे उत्पादन हाती घेतले. त्यापैकी एक कारखाना मुंबईला असून त्याची सूत्रे ' ल्युब इंडिया लि.'कडे आहेत. दुसरा कारखाना ' मनाली ' (मद्रास) येथे असून तो मद्रास रिफायनरीच्या मालकीचा आहे. ह्या दोन कारखान्यांची एकूण उत्पादनक्षमता दरसाल ३६४ हजार टन एवढी आहे.

इंडिया ऑइल कार्पोरेशनच्या हल्दिया तेलशुद्धीकरण कारखान्यातून २०० हजार टन वंगण तेलाचे उत्पादन करण्याची क्षमता असलेल्या अशा कारखान्याची उभारणी चालू आहे. तो कारखाना पूर्ण होईल तेव्हा भारतामध्ये वंगण तेलाचे एकूण उत्पादन ६६० हजार टन एवढे होईल.

कोष्टक क्र. ७.१३

भारतातील वंगण तेल व ग्रीज यांचे उत्पादन व खप

(आकडे १००० टनांचे)

वर्ष	उत्पादन	खप
१९६९	१००	५०२
१९७०	२३६	५३५

ह्यापुढे उत्पादन वाढेल व खप पण वाढेल. डेहराडून येथील इन्स्टिटयुट ऑफ पेट्रोलिअम ह्या संस्थेच्या अंदाजाप्रमाणे १९७४ साली एकूण ७४० हजार टन एवढी वंगणाची मागणी होईल. १९७५ साली वंगणाची मागणी ८०० हजार टनापर्यंत जाईल.

संश्लेषित निर्मलक (synthetic detergents)

कोणत्याही निर्मलकाचे काम म्हणजे कपडे व इतर वस्तू निर्मल करणे. खरे म्हणजे निर्मल करण्याचे काम करते पाणी. पाण्याने हात धुतले किंवा कपडे धुतले तर ते स्वच्छ होतात. परंतु कपडे स्वच्छ किंवा निर्मल करण्यामध्ये पाण्याच्या कार्यक्षमतेला मर्यादा पडतात. उदाहरणार्थ कपड्यावर तेलाचा किंवा तत्सम द्रव्याचा म्हणजे मेण, वॅसलिन वगैरे द्रव्यांचे डाग पडले असले व त्यावर धूळ बसली तर नुसत्या पाण्याने कपडे निर्मल होत नाहीत. तेल व पाणी ही एकजीव होत नसल्यामुळे कपड्यावरील तेलाच्या डागाच्या जागी पाणी प्रवेश करू शकत नाही. त्यामुळे तो भाग भिजत नाही. अशा कपड्यावर पडलेले पाणी, अळवावरचे पाणी जसे अळवाचे पान न भिजविता पानावरून निघून जाते त्याचप्रमाणे अशा कपड्यावर ओतलेले पाणी कपडा स्वच्छ न करताच निघून जाते.

पाण्याच्या कार्यक्षमतेच्या ह्या मर्यादा पार करण्यासाठी पाण्याला बाह्य द्रव्यांचे साहाय्य लागते. ह्या कामी पूर्वीपासून वापरण्यात येणारे द्रव्य म्हणजे साबण. पाण्याला साबण दोन प्रकारे साहाय्य करू शकतो. एक म्हणजे पाण्यामध्ये कपडे सहज भिजतील असे करणे. दुसरे म्हणजे कपड्यावरील तेलकटपणा कपड्यापासून वेगळा करून तो पाण्यामध्ये तरंगत ठेवणे. पहिले कार्य करणाऱ्या द्रव्यांना म्हणजे कापड ओले करणारी किंवा भिजविणारी द्रव्ये ह्यांना 'आर्द्रक द्रव्ये' (wetting agents) असे म्हणतात. हे कार्य पृष्ठ तणाव (surface tension) कमी झाल्यामुळे शक्य होते. परंतु कापडावरील तेलांश, धूळ वगैरे मळ ह्यांचा पाण्याबरोबर 'पायस' (emulsion) रूपामध्ये मिलाफ करून कापडापासून त्यांना वेगळे करून कपडे निर्मल करण्याच्या कामी पण साबणाचा उपयोग होतो. अशा द्रव्यांना निर्मलक (detergents) असे म्हणतात. खरे म्हणजे निर्मलकामध्ये कापड सहज भिजविणे व ते निर्मल करणे हे दोन्ही गुण असतात. साबणामध्ये हे दोन्ही गुण आहेत. म्हणून तर साधारणतः १९३२ सालापूर्वी ह्या कामासाठी सर्वत्र साबणच वापरीत असत. साबण वापरण्यात काही अडचणी निर्माण होतात.

साबण पाण्यामध्ये विरघळल्यावर त्यापासून आल्कधर्मी द्रावण तयार होते. आल्कधर्मी द्रावण हे रेशीम किंवा लोकर ह्या तंतूंना अपायकारक आहे.

आल्कधर्मी द्रावणामुळे कापसाचे धागे लांबीमध्ये काही प्रमाणात आटतात व काहीसे कमजोर होतात. ह्यामुळे सुती कपड्यांचा टिकाऊपणा घटतो व कपडे लवकर फाटतात. नायलॉन, रेयॉन, टेरिलिन वगैरे कृत्रिम धाग्यांच्या कपड्यांना सावण अगदीच अपायकारक असल्यामुळे तो वर्ज्य समजतात.

पावसाचे शुद्ध पाणी जमिनीवरून किंवा जमिनीतून वाहात जाऊन नदी-नाल्यामध्ये जाते किंवा तलाव व विहिरी ह्यांमध्ये जमा होते. जमिनीमधील काही क्षार पाण्यामध्ये विरघळतात. असे क्षार असलेल्या पाण्याला दुष्फेनीय (hard) पाणी म्हणतात. पाण्यातील ह्या क्षारांचा सावणाशी संयोग होऊन त्याचा सांखा बनतो. क्षारांच्या प्रमाणात साबण फुकट जातो. म्हणजे संयोग पावलेला सावण कापड निर्मल करू शकत नाही. अशा पाण्यामध्ये त्यामुळे कपडे धुण्यासाठी जास्त साबण तर लागतोच, शिवाय हा सांखा कपड्यांना चिकटून कपड्यांचा टिकाऊपणा कमी होतो. खारट पाण्यामध्ये सावण अगदीच निरुपयोगी ठरतो.

सावणाच्या वापरामध्ये अत्यंत महत्त्वाची अडचण म्हणजे सावण बनविण्यामध्ये प्राणिज चरबी किंवा वनस्पतिजन्य तेले लागतात. खनिज तेले मात्र त्यांची रासायनिक घटना निराळी असल्यामुळे, त्यांचा साबणासाठी काहीच उपयोग होत नाही. सावणाची फार मोठ्या प्रमाणावर होणारी निर्मिती लक्षात घेता साबणासाठी लागणारी तेलें व चरबी वगैरे महाग आहेतच. शिवाय खाद्य पदार्थ म्हणून लागणारे पदार्थ सावणासाठी वापरल्याने आधीच तुटवडा असलेल्या अन्न पदार्थांची तेवढ्या प्रमाणात जास्त टंचाई निर्माण होते. ह्या टंचाईची तीव्रता जाणवते ती युद्धकाळामध्ये.

पहिल्या महायुद्धामध्ये जर्मनीमध्ये बाहेरून खाद्यतेले आणणे शक्य नसल्यामुळे देशातच उपलब्ध असलेली खाद्यतेले वाचविण्याची फार मोठी गरज निर्माण झाली. सावणासाठी पर्यायी द्रव्ये शोधून काढण्याचे मोठ्या कसोशीने प्रयत्न झाले. रासायनिक संश्लेषण करून जर्मनीमध्ये तेलाशिवाय निर्मलक तयार करण्यात आले. युद्धानंतर त्याकडे थोडे कमी लक्ष देण्यात आले. परंतु १९३२ साली संश्लेषित निर्मलक द्रव्ये बाजारात आली. परंतु संश्लेषित किंवा

कृत्रिम निर्मलक ह्यांना जगभर विशेष चालना मिळाली ती दुसऱ्या महायुद्धा-नंतर. तोपर्यंत पेट्रोरसायने तयार करण्यामध्ये बरीच प्रगती झाली असल्यामुळे पेट्रोलिअमजन्य निर्मलक फार मोठ्या प्रमाणावर तयार करणे शक्य झाले. आज तर अमेरिका, जर्मनी वगैरे पुढारलेल्या देशांमध्ये साबणापेक्षा संश्लेषित निर्मलकांचा खप थोडा जास्तच आहे. खनिज तेलापासून साबण तयार करता येत नाही. परंतु खनिज तेलापासून साबणापेक्षाही जास्त कार्यक्षम असा निर्मलक तयार करता येतो.

साबणाची रासायनिक घडण निराळी व संश्लेषित निर्मलकाची रसायनिक घडण निराळी हे ध्यानात ठेविले पाहिजे. त्याचा फायदा म्हणजे ज्या ठिकाणी साबण निरुपयोगी ठरतो किंवा अकार्यक्षम बनतो, त्या ठिकाणीसुद्धा संश्लेषित निर्मलक प्रभावी असतात. साबणाच्या जागी ही पर्यायी द्रव्ये वापरण्यामध्ये पुष्कळच फायदे आहेत. हे निर्मलक तयार करण्यासाठी खाद्यतेले वापरावी लागत नाहीत. क्षारयुक्त पाण्यामुळे संश्लेषित निर्मलक वाया जात नाहीत किंवा साबणाप्रमाणे सांखा पण बनत नाही. असे निर्मलक वापरल्याने नाजुक व कृत्रिम तंतू किंवा धागे ह्यांना कसलाच अपाय न होता ते स्वच्छ म्हणजेच निर्मल होतात. थोडक्यात हे नवीन निर्मलक साबणापेक्षाही जास्त कार्यक्षम व स्वस्त आहेत.

खनिज तेलापासून निघणारे हे बहुगुणी निर्मलक असतात तरी कसे? त्यांची रासायनिक घडण कशी असते? सामान्यपणे १४ ते १६ कार्बन अणूच्या सरल शृंखलायुक्त रचना असलेले असे रेणू असतात. निर्मलकाचे गुण असणारी बरीच द्रव्ये आहेत. प्रत्येक निर्मलकाच्या रेणूच्या दोन टोकांना विशिष्ट अणूगण असतात. एक अणूगण जलप्रेमी असतो म्हणजे तो पाण्याशी जोडला जातो. दुसऱ्या टोकाचा अणूगण हा जलविरोधी असतो म्हणजे तो पाण्याशी जोडला जात नाही. परंतु तो तैलयुक्त पदार्थाशी जोडला जाऊन तैल पदार्थ व पाणी ह्यांचे पायसीकरण (इमल्सीफिकेशन) होते. अशातऱ्हेने पाण्यामध्ये न विरघळणारा व पाण्याला दाद न देणारा तेलांश भाग निर्मलकाला जोडला जातो व कपड्यावरून निघून तो पाण्यामध्ये पायसाच्या रूपामध्ये तरंगतो व वाहत्या पाण्यावरोबर वाहून जातो व कपडा पूर्णपणे निर्मल होतो.

संश्लेषित निर्मलक आता साबणाची जागा प्रत्येक क्षेत्रामध्ये घेत आहे. तथापि, अजूनही अंगाला लावण्यासाठी साबणच वापरला जातो. अंगाला लावण्यासाठी संश्लेषित निर्मलक तयार होऊ लागला आहे. परंतु अजूनही हा साबणाचा पर्यायी पदार्थ लोकप्रिय झालेला नाही.

निर्मलक गुण असणारी रासायनिक द्रव्ये बरीच आहेत. गरजेप्रमाणे योग्य ते निर्मलक द्रव्य वापरण्यात येते. बाजारात मिळणाऱ्या निर्मलकामध्ये साधारणत: २५–३० टक्के रासायनिक संश्लेषित निर्मलक असतो. बाकीचा भाग हा पूरक द्रव्यांचा असतो. ही पूरक द्रव्ये म्हणजे सोडिअम सल्फेट, सोडिअम सिलिकेट, सोडा ॲश, सोडिअम फॉस्फेट, सोडिअम परबोरेट वगैरे द्रव्ये व जादा शुभ्रता देणाऱ्या टिनोपॉलसारख्या शुभ्रतादायी द्रव्यांचा पण त्यामध्ये समावेश करतात. ह्या निर्मलकांची काही रासायनिक नावे : (१) सोडिअम डोडेसील बेन्झिन सल्फोनेट, (२) नोनील फिनॉल पॉलिइथिलिन आक्साइड व (३) एन आल्कील बी ॲमिनो प्रॉपिओनेट.

निर्मलकाचे उपयोग

कापड गिरण्यांमध्ये कापड धुण्यासाठी पूर्वी साबण वापरीत असत. ती जागा आता निर्मलकाने घेतलेली आहे. कागदाच्या कारखान्यामध्ये लगदा तयार करण्याच्या कामी व कापडाच्या चिंध्यांमधील तेलांश काढून टाकण्यासाठी निर्मलकांचा उपयोग करतात.

काही महत्त्वाची व उपयुक्त खनिजे शुद्ध करून घेण्याच्या कामी ह्या निर्मलकांचा उपयोग होतो. धातूचे विद्युत्‌लेपन (electroplating) करण्यामध्ये किंवा लोखंडाच्या पत्र्यावर झिंक ह्या धातूचे लेपन करण्यापूर्वी लेपनामध्ये दोष राहू नये म्हणून लेपन करावयाचे मूळ धातू-भाग किंवा पत्रे तेलांशमुक्त करण्यासाठी ते निर्मलकाच्या मदतीने धुऊन साफ करतात. डेअरीमध्ये दुधाच्या बाटल्या धुण्यासाठी, चर्मोद्योगामध्ये, जाड लोकर असलेली कातडी कमाविण्यासाठी व मऊ लोकरी (fur) मधील नैसर्गिक मेण (fat) काढून टाकण्यासाठी, रबराच्या उद्योगामध्ये निर्मलकाचा उपयोग होतो. घरे, बंगले, कार्यालये, रुग्णालये, औषधी कारखान्यांच्या जागा वगैरे धुऊन स्वच्छ करण्यासाठी पण निर्मलक वापरतात.

भारतामध्ये ह्या महत्त्वाच्या रासायनिक द्रव्यांचे बरेच उत्पादन होते. अजूनही साबणाचे बरेच उत्पादन चालू आहे. संश्लेषित निर्मलकाच्या उत्पादनाला दुसऱ्या पंचवार्षिक योजनेमध्ये प्रोत्साहन मिळाले व १९६१ सालापासून भारतामध्ये निर्मलकाचे उत्पादन सुरू झाले. संश्लेषित निर्मलकाचे उत्पादन साबणाच्या मानाने थोडेथोडे वाढत आहे हे पुढील आकडेवारीने स्पष्ट होईल.

कोष्टक क्र. ७.१४

वर्ष		साबणाचे उत्पादन	निर्मलकाचे उत्पादन	दोहोंमध्ये निर्मलकाची शेकडेवारी
१९६१	..	१,४९,००४ टन	२,३८६ टन	१.६ %
१९६५	..	१,७६,००० टन	८,४०० टन	४.५ %
१९६९	..	२,३६,२३५ टन	२२,९१४ टन	९.० %
१९७१	..	२,७३,२०८ टन	५४,०८१ टन	१७.० %

साबणाऐवजी संश्लेषित निर्मलक वापरण्यामध्ये काही नवीन प्रश्न उपस्थित होत आहेत. वनस्पतिजन्य किंवा प्राणिज तेले व कॉस्टिक सोडा ह्यांच्यामध्ये रासायनिक अभिक्रिया होऊन साबण तयार होतो. शिवाय त्याबरोबरच ग्लिसरीन नावाचे उपद्रव्य पण तयार होते. ग्लिसरीनचे काही महत्वपूर्ण असे उपयोग आहेत, औषधी द्रव्ये वगैरे. म्हणून त्याचे मर्यादित उपयोग सर्वपरिचित आहेत. परंतु ग्लिसरीनचा त्यापेक्षाही फार मोठा वापर होतो तो 'नायट्रोग्लिसरीन' सारखी प्रभावी स्फोटक द्रव्ये तयार करण्यासाठी. ग्लिसरीन मिळविण्याचे पूर्वीचे एकमेव साधन म्हणजे साबणाच्या कारखान्यातील हे उप-द्रव्य. ग्लिसरीनच्या वाढत्या गरजेसाठी साबणाचे उत्पादन गरज नसली तरी वाढवावे लागले असते. ह्या जादा साबणाचे काय करावयाचे ही एक नवीन समस्या झाली असती. त्याच्याबरोबर उलट समस्या म्हणजे संश्लेषित निर्मलक मोठ्या प्रमाणावर तयार होऊ लागल्यावर साबणाची गरज भागेल हे खरे. परंतु त्यामुळे ग्लिसरीनचा तुटवडा पडेल त्याचे काय? सुदैवाने ह्या प्रश्नाचे उत्तर मिळाले. ते म्हणजे पेट्रोरसायनामुळे. आता संश्लेषित ग्लिसरीन मिळविणे शक्य झाले आहे. आता ग्लिसरीनचे उत्पादन गरजेप्रमाणे वाढविता येईल किंवा कमी करता येईल. ही परिस्थिती ग्लिसरीनचा वापर जास्त करण्यास किंवा त्याचे नवीन

उपयोग शोधून काढण्यास उपकारक ठरली आहे. पूर्वी ग्लिसरीन हे केवळ एक उप-द्रव्य होतें तेव्हा त्याच्या उपयोगाची क्षेत्रे वाढविण्यावर बऱ्याच मर्यादा पडत असत.

संश्लेषित निर्मलक जर्मनी, अमेरिका ह्यांसारख्या पुढारलेल्या देशांमध्ये फार मोठ्या प्रमाणावर वापरण्यात येतात. त्यामधून काही अनपेक्षित अडचणी निर्माण झाल्या आहेत. कपडे धुण्याचे किंवा इतरत्र स्वच्छता करण्याचे काम झाल्यावर निर्मलकाचे द्रावण पाण्याबरोबर सांडपाण्याच्या नळातून वाहात जाऊन शेवटी ते घाणीबरोबर नदीनाल्यामध्ये विसर्जित होते. सामान्यपणे साबण किंवा इतर कार्बनी द्रव्यें ह्यांचें घाणपाण्यातील क्रियाशील सूक्ष्मजीवीं-कडून पूर्ण अपघटन होऊन नदीचे पाणीसुद्धा कार्बनी द्रव्यविरहित होते. पुढे ते पाणी काही अंतरावर व काही वेळानंतर परत वापरण्यालायक होते. परंतु काही निर्मलकांच्या बाबतीत एक अडचण निर्माण होते. ह्या निर्मलकांवर सूक्ष्मजीवींचा काहीच परिणाम होत नाही. त्यामुळे नदीच्या पाण्यामध्ये इतर घाण पदार्थांचें अपघटन होऊन पाणी स्वच्छ होते. परंतु पाण्यातील निर्मलक मात्र तसाच अबाधित राहतो. पाण्यामध्ये त्यामुळे निर्मलकाचे प्रमाण सारखे वाढत जाते. पाणी पुन्हा इतर कामासाठी वापरण्यामध्ये मोठीच अडचण निर्माण होते. ह्यावर उपाय म्हणून सूक्ष्मजीवींकडून जलद अपघटन होणारे नवीन प्रकारचे निर्मलक शोधून काढण्यात आले आहेत. पुढारलेल्या देशांमध्ये सूक्ष्म-जीवींना दाद न देणारे निर्मलक वापरण्यावर, पाण्याचे प्रदूषण टाळण्याच्या दृष्टीने कायदेशीर बंदी घालण्यात आली आहे. अशा प्रकारे एका प्रश्नातून इतर व बरेच अवघड प्रश्न कसे उत्पन्न होतात ह्याचा प्रत्यय येतो.

स्वच्छतेबद्दल किती दक्षता घेतली जाते ह्यावरून म्हणजेच अप्रत्यक्षपणे साबणाच्या खपावरून माणसाच्या व अंती राष्ट्राच्या राहणीमानाचा स्थूल-मानाने अंदाज बांधता येतो. पुढारलेल्या देशांमध्ये साबण व संश्लेषित निर्मलक ह्यांचा खप बराच आहे. परंतु प्रगतीच्या मार्गावर असलेल्या आफ्रिका, आशिया ह्यांमधील देशांमध्ये ह्याच खप आज जरी कमी असला तरी पुढील काळामध्ये तो वाढणार आहे. पुढारलेल्या देशांमध्ये दरसाल दर माणशी साबण व संश्लेषित निर्मलक ह्यांचा किती खप होतो व त्यामध्ये निर्मलकाचे शेकडा प्रमाण किती आहे

हे पुढील कोष्टकातील आकडेवारीने स्पष्ट होईल. हे आकडे १९६६ सालचे आहेत.

कोष्टक क्र. ७.१५

देश	दरसाल दरमाणशी साबण व निर्मलक ह्यांचा वापर	त्यापैकी निर्मलकाचे शेकडा प्रमाण
प. जर्मनी	१४ किलोग्रॅम	७९.८ %
फ्रान्स	१२ किलोग्रॅम	७५.० %
इटली	१० किलोग्रॅम	६४.४ %
इंग्लंड (U.K.)	१३ किलोग्रॅम	५१.२ %
उत्तर अमेरिका	१६ किलोग्रॅम	८१.७ %

तुलनेसाठी भारतामधील १९६६ सालची आकडेवारी पाहता हे प्रमाण अर्ध्या किलोग्रामपेक्षाही कमी भरेल. त्यामध्ये संश्लेषित निर्मलकाचे प्रमाण ६ टक्क्यांच्या जवळपास आहे.

काजळी

समईच्या ज्योतीमध्ये बोट धरून बोटावर साचलेली काजळी 'तीट' म्हणून बाळाच्या कपाळाला लावणारी माता किंवा आवरणाखाली तेला-तुपाच्या ज्योतीवर थंड पाण्याचे भांडे ठेवून त्यावर धरणाऱ्या काजळीपासून बाळाच्या डोळ्यात घालावयाचे शीतल काजळ तयार करणारी माता ही पुष्कळांच्या पाहण्यात आली असेल.

काजळी निर्माण होते तरी कशी ? ज्योत प्रकाशमय का असते ? तेल किंवा अन्य ज्वलनक्षम कार्बनी द्रव्ये विशेषतः हायड्रोकार्बन द्रव्ये जळतात तेव्हा त्यांमधील कार्बन द्रव्य मोकळे होते. कार्बनी द्रव्यांचे हवेमध्ये पूर्ण ज्वलन होते तेव्हा त्यापासून कार्बनडायॉक्साइड तयार होतो. परंतु हवेचा पुरवठा मर्यादित असला तर ज्वलनक्रिया अपूर्ण होते. अपूर्ण ज्वलनामुळे ज्योतीमध्ये कार्बनचे कण असतात. ते कण तापल्यावर आरंभी लाल व जास्त तापल्यावर पांढरे होतात व ज्योतीचा प्रकाश पडतो. हे कण निर्माण होणे व ते तापणे ह्या क्रिया ज्योतीच्या उष्णतेने घडतात. ह्या ज्योतीमध्ये थंड पाण्याचे भांडे ठेवले तर ज्योतीमध्ये तापून पांढरे झालेले कार्बनचे ते कण, भांड्याशी येताच गार होतात.

मग त्यांचा पांढरेपणा, लालपणा निघून जातो व ते काजळीचे सूक्ष्म कण बनतात व थंड भांड्याला चिकटतात. ही झाली काजळीची जन्मकथा.

काजळी तयार करण्याचे गृहिणीचे घरगुती तंत्र फार मोठ्या प्रमाणावर वापरून औद्योगिकदृष्ट्या उपयुक्त असा काजळीचा (carbon black) धंदा उभा राहिला आहे. खरें म्हणजे काजळी निर्मिती ह्या रासायनिक उद्योगाला पेट्रोरसायन उद्योग म्हणावे की नाही ह्याबद्दल रसायनशास्त्रज्ञांमध्ये एकमत नाही. तरीपण काजळीच्या औद्योगिक निर्मितीच्या आधुनिक तंत्रामध्ये खनिज तेले व तज्जन्य पदार्थ ह्यांचा वापर फार मोठ्या प्रमाणावर होत असल्यामुळे काजळीला पेट्रोरसायनांमध्ये स्थान देण्यात येऊ लागले आहे. त्याच दृष्टीने काजळीचा येथे विचार झाला आहे.

काजळीची औद्योगिक प्रमाणावर निर्मिती कशी करतात ?

काजळीचे उत्पादन करण्याच्या रूढ अशा तीन पद्धती आहेत : एक म्हणजे 'चॅनेल' किंवा 'पन्हळ' पद्धती, दुसरी म्हणजे वायू किंवा तेल भट्टी पद्धती आणि तिसरी पद्धती म्हणजे औष्णिक पद्धती. ह्यापैकी पहिल्या दोन पद्धतींमध्ये कार्बनी द्रव्याचे अपुरे ज्वलन घडवून आणण्यात येते. तिसऱ्या पद्धतीमध्ये कार्बनी द्रव्याचे उष्णतेने अपघटन करतात.

(१) **चॅनेल किंवा लोखंडी पन्हळ पद्धती.**—बंदिस्त कोठीमध्ये कार्बनी द्रव्याची धुरकट ज्योत पंख्यासारखी पसरलेली असते. ज्योतीवर असलेल्या २०-२५ सें.मी. रुंदीच्या लोखंडी पन्हळावर ज्योत हापटते. ज्योतीला मर्यादित हवा पुरविली जाते. त्यामुळे ज्वलनक्रिया अपुरी होते. ज्वलनाचे तपमान १००० ° से. ते १२०० ° से. एवढे असते. लोखंडी पन्हळाचे तपमान मात्र ५०० ° से. एवढे असते. अपुऱ्या ज्वलनामुळे ज्योतीमधील कार्बनचे कण त्या पन्हळावर साचतात. हा पन्हळ पुढे सरकत असतो व त्यामुळे ज्योतीला पन्हळाचा नवीन पृष्ठभाग मिळतो. पन्हळावर साचलेली काजळी खरडून काढण्याची व्यवस्था भट्टीच्या टोकाला असते. पन्हळ त्यामुळे पुनःपुन्हा वापरता येतो. खरडून जमा झालेल्या काजळीमधील कठीण भाग वेगळा करून उरलेली बारीक मऊ काजळी एकत्र जमवितात. कापूस पिंजताना वर उडतो व नंतर खाली बसतो त्याचप्रमाणे ही काजळी यंत्राने वर उधळली जाते व नंतर ती खाली बसते. तिची घनता

साधारण ०.०७ (पाण्याची १) असते. काजळीचे कण फार सूक्ष्म असतात. कार्बनी द्रव्याच्या वजनाच्या मानाने काजळीचे उत्पादन कमी होते. म्हणजे कार्बनचा बराच भाग जळून जातो.

(२) **वायूभट्टी पद्धती.**—काही बाबतीत ही पद्धती पन्हळ पद्धतीसारखीच आहे. एका अग्निरोधक विटांच्या भट्टीमध्ये नैसर्गिक वायू व हवा ही विशिष्ट प्रमाणात सोडतात. नैसर्गिक वायू भरपूर प्रमाणात सोडीत असल्यामुळे ज्योत मोठी भरीव होते. मर्यादित हवेमुळे ज्योतीचे ज्वलन अपुरे होते. तयार झालेली काजळी व इतर वायू हे भट्टीमधून नळावाटे बाहेर दुसऱ्या कोठीमध्ये आणून सोडतात. त्यानंतर त्या मिश्रणाला थंड करण्यात येते. भट्टीमधील पूर्वीचे १३००° से. हे तपमान २००° से. एवढे खाली येते. काजळीमधील खडे त्यानंतर वेगळे करून काजळी एकत्र केली जाते. काजळी चांगली दाबून तिची घनता ०.४१ एवढी वाढवून त्याच्या गोळ्या बनवितात. त्यामुळे पोत्यामधून त्याची वाहतूक करणे सोपे जाते. ह्या पद्धतीमध्ये कार्बनी द्रव्यांच्या ३० टक्के भागाची काजळी मिळते. उरलेला भाग जळून जातो. काजळीचे उत्पादन ह्या पद्धतीने पन्हळ पद्धतीच्या दुप्पट मिळते. परंतु काजळीचे कण थोडे मोठे म्हणजे भरड असतात.

(२-अ) **तेलभट्टी पद्धती.**—१९४५ साली ह्या प्रकारची भट्टी प्रथम वापरण्यात आली. भट्टीच्या कार्यक्षमतेमुळे व वापरण्याच्या सोयीमुळे तेलभट्टीचा वापर मोठ्या प्रमाणावर होऊ लागला आहे. त्यासाठी कच्चा माल किंवा साधन द्रव्य म्हणून तेलशुद्धीकरणामध्ये मागे उरलेले तेल वापरतात. ह्या तेलामध्ये बेन्झिन, नॅफ्थलिन व तत्सम वलयाकृति रेणूरचना असलेली कार्बनी द्रव्ये असतात. अशा भट्टीसाठी नैसर्गिक वायू लागत नाही. इतर पद्धती मात्र नैसर्गिक वायूच्या पुरवठ्यावर आधारलेल्या असतात. तेलभट्टी पद्धती नैसर्गिक वायूवर अवलंबून नसल्यामुळे ह्या भट्टीची उभारणी कोठेही करता येते. काजळीची मागणी असेल तेथे आवश्यक ते तेल मिळवून हा काजळीचा कारखाना उभारता येईल. तेलभट्टीची कार्यपद्धती तपशीलात वायूभट्टीसारखीच आहे. फक्त वायूच्या ऐवजी तेलाचा फवारा एवढाच फरक. जगातील सर्व काजळीच्या उत्पादनाचा ६०-७० टक्के भाग ह्याच पद्धतीने तयार होत असतो.

(३) औष्णिक पद्धती.––ह्या पद्धतीमध्ये कार्बनयुक्त द्रव्यांचे तीव्र उष्णतेने अपघटन होऊन काजळी तयार होते. मुख्यतः नैसर्गिक वायू ह्यामध्ये वापरण्यात येतो. आगबंद विटांनी बांधलेली भट्टी ९००° से. ते १२००° से. पर्यंत तापविल्यावर त्यामध्ये नैसर्गिक वायू सोडतात. नैसर्गिक वायूचे ऑक्सिडीकरण व विच्छेदन होऊन काजळी तयार होते. ही काजळी पुढे २००° से. पर्यंत थंड होऊ देतात. ह्या पद्धतीमध्ये हायड्रोजन वायू तयार होतो. भट्टी पुन्हा तापविण्यासाठी त्याचा उपयोग होतो. ह्या तऱ्हेने तयार झालेल्या काजळीचे कण थोडे जाड असतात.

काजळीचे गुणधर्म.––काजळी हे कार्बनचे काहीसे ग्रफाइटसारखे रूप आहे. सामान्यतः त्यामध्ये १-२ टक्क्यापेक्षा अशुद्धी नसते. अशुद्धीमुळे काजळीच्या रंगामध्ये थोडासा फेरबदल होतो. काजळीचा महत्वाचा गुण म्हणजे काजळीच्या कणांचा अतिसूक्ष्म आकार. आकारमानानुरूप काजळीचे निरनिराळ्या प्रकारे वर्गीकरण करण्यात येते. काजळी वापरणाऱ्या निरनिराळ्या उद्योगधंद्यांतील काजळीच्या आकारमानाविषयीच्या गरजा निरनिराळ्या असतात. काजळीचे कारखानदार आपल्या उत्पादनाचे आकारमानाप्रमाणे वर्गीकरण करतात. त्याचप्रमाणे प्रत्येक वर्गातील मालामध्ये प्रतवारी लावून प्रत्येक प्रतीचा माल बाजारात विक्रीसाठी पाठवितात. प्रत्येक वर्गामध्ये काजळीचे कण एकाच आकाराचे असतात असे नाही. परंतु त्यांचा आकार काही कमाल व किमान मर्यादांमध्ये असतो. काजळीचे कण एवढे सूक्ष्म असतात की त्यांना मोजण्यासाठी एका सेंटिमीटरचा एक कोटी भाग एवढे लहान परिमाण वापरावे लागते. म्हणजे $१०^{-७}$ सें. मी. हेच ते परिमाण. पुष्कळवेळा त्यापेक्षाही लहान म्हणजे $१०^{-८}$ सें.मी. अथवा अँगस्ट्रॉम (A°) हे परिमाण वापरतात. काजळीच्या कणांचा सरासरी आकार २२×१०^{-७} ते ४७०×१०^{-७} एवढा असतो. म्हणजेच २२०A° ते ४७००A° एवढा कणांचा आकार असतो. सामान्यपणे कणांचा आकार जेवढा लहान तेवढी त्यांची कार्यक्षमता जास्त. परंतु लहान कण बनविण्यामध्ये उत्पादनाचे प्रमाण कमी होते. त्यामुळे अशा काजळीची किंमत जास्त असते. पऱ्हळ पद्धतीसारख्या उत्पादन पद्धतीमध्ये बारीक कणांची काजळी तयार होते. पाण्याची घनता १ मानली तर काजळीची घनता ०.०७१

पासून ०.४० पर्यंत असू शकते. वाहतुकीच्या सोयीसाठी काजळी दाबून त्याच्या गोळ्या बनवितात तेव्हा त्याची घनता साधारणतः ०.४० पर्यंत असते.

काजळीचे उपयोग

१९५० सालापर्यंत काजळीचे उत्पादन फक्त एकाच देशामध्ये होत होते. तो देश म्हणजे उत्तर अमेरिका. परंतु त्यानंतर परिस्थिती थोडीशी बदलली. तथापि ह्या धंद्याचे नेतृत्व अजूनही अमेरिकेकडेच आहे. आजही उत्पादनाचा ६०–७० टक्के भाग अमेरिकेकडेच आहे. उपलब्ध आकड्यांप्रमाणे १९६६ साली अमेरिकेमध्ये काजळीचे उत्पादन ११.५ लक्ष टन एवढे होते. काजळीचे उत्पादन वरेच असले तरी काजळीचा ९०–९५ टक्के भाग केवळ एकाच धंद्यामध्ये वापरला जातो. तो धंदा म्हणजे रबर उद्योग होय. नैसर्गिक किंवा कृत्रिम रबर असतो त्या स्वरूपामध्ये फारसा उपयुक्त नाही. त्यामध्ये गंधक, काजळी वगैरे द्रव्यांचा अंतर्भाव केल्यानंतरच त्यामध्ये उपयुक्त गुण निर्माण होतात. काजळीचा रबरामध्ये अंतर्भाव केल्यावर रबरामध्ये काही विशिष्ट गुणधर्म निर्माण होतात. ह्याचे उत्तम उदाहरण म्हणजे मोटारीचा किंवा ट्रकचा टायर. टायरामध्ये त्याच्या वजनाच्या ३०–३५ टक्के भाग फक्त काजळीचा असतो. मोटारगाड्या किंवा ट्रक वापरणाऱ्यांना हे माहीतही नसेल. जगातील मोटारी व ट्रक ह्यांची वाढती संख्या लक्षात घेता लहान मोठे टायर बनविण्यासाठी किती काजळी लागत असेल ह्याची कल्पना येईल. काजळीचा मुख्य उपयोग हाच दिसतो. रबराचे गुणधर्म काजळीमुळे कसे बदलतात? काजळीचे नेमके कार्य कोणते? रबर द्रव्याच्या रेणूमध्ये काजळीतील कार्बन अणूचा रासायनिकदृष्ट्या समावेश होतो. त्यामुळे रबराचा मूळचा रेणू राहात नाही, तर त्याजागी नवीन रेणू येतो. रेणूचे स्वरूप बदलल्यावर त्याचे गुणधर्मही बदलतात. रबरामध्ये काजळी घातल्यावर रबराला बळकटी येते. त्यामुळे रस्त्याचे घर्षण झाले तरी टायरची झीज कमी होते. अशातऱ्हेने दीर्घकाळ टिकणारे टायर तयार होतात.

अन्य उपयोगांसाठी काजळीच्या उत्पादनापैकी अवघा ५–१० टक्के भाग वापरला जातो. पॉलिइथिलिनला बळकटी आणणे, छपाईची शाई व ओला काळा रंग बनविणे ह्यासाठीच मुख्यतः हा भाग वापरला जातो. पॉलिइथिलिन

नळ्या फार उपयुक्त असतात. परंतु त्या सतत वापरल्याने चिरणे, फुटणे, लव-चिकपणा नाहीसा होणे वगैरे दोष त्यामध्ये निर्माण होतात. परंतु पॉलिइथिलिन द्रव्यामध्येच काजळीचा अंतर्भाव केल्यास वरील दोष बऱ्याच प्रमाणात कमी होतात. पॉलिइथिलिनवर हवा किंवा पाणी ह्यांचा परिणाम होत नाही. शिवाय ते विद्युतविरोधक असल्यामुळे वीज वाहणाऱ्या तारांवर त्याचे वेष्टन किंवा आवरण असले तर आतील विद्युतवाहक तारांचे संरक्षण होते. परंतु पॉलि-इथिलिनमध्ये वरील दोष तसेच राहिल्यास त्याच्या आवरणांचा टिकाऊपणा बराच कमी होतो. परंतु काजळीचा त्यामध्ये अंतर्भाव केलेला असेल तर मात्र पॉलिइथिलिनच्या वेष्टनाला टिकाऊपणा व बळकटी येते. छपाईची शाई व रंग ह्या कामी काजळी वापरली जाते ती त्यामधील काळ्या रंगाच्या दाटपणासाठी. सामान्यपणे काजळीच्या कणांचा आकार लहान तेवढा त्या काजळीच्या शाईचा किंवा रंगाचा दाटपणा जास्त. म्हणून ह्या कामी साधारणपणे १००A° एवढा व्यास असलेल्या कणांची काजळी निवडली जाते. सर्व काजळींच्या निर्मितीचा अंदाजे ३ टक्के भाग ह्या कामी वापरण्यात येतो. पऱ्हळ पद्धतीने तयार झालेल्या काजळीच्या कणांचा व्यास सर्वांत कमी म्हणजे साधारण १००A° च्या जवळ-पास असल्यामुळे त्याच काजळीची निवड होत असे. परंतु अलिकडे तेलभट्टीची काजळी स्वस्त पडत असल्याने तिचा वापर होऊ लागला आहे. परंतु तेलभट्टीच्या काजळीच्या कणांचा आकार थोडा मोठा असल्यामुळे शाईला पाहिजे तेवढा घनदाटपणा येत नाही. परंतु त्या काजळीमध्ये असलेली थोडी निळसर छटा काही प्रमाणात शाईचा फिकेपणा झाकून टाकते. छपाईच्या शाईप्रमाणे ओल्या काळ्या रंगाला पण काजळीच्या कणांची सूक्ष्मता उपकारक ठरते. ह्याशिवाय शेतजमिनीची उत्पादन अनुकूलता वाढविणे (soil conditioning), कृत्रिम हिरे, पोलादाची निर्मिती, वंगणाचे तेल, स्फोटक द्रव्ये, कार्बन पेपर वगैरेसाठी काजळीचे विविध लहान सहान उपयोग आहेत.

भारत आणि काजळीचे उत्पादन

भारतामध्ये सध्या काजळीचे उत्पादन दोन कारखान्यांमध्ये होते. पहिला कारखाना म्हणजे दुर्गापूर (बंगाल) येथील 'फिलिप्स कार्बन ब्लॅक लि.' हा होय. दुसरा कारखाना ठाणे-बेलापूर मार्गावर महाराष्ट्रामध्ये असून तो

' युनायटेड कार्बन इंडिया लि. ' ह्या नावाच्या कंपनीचा आहे. दुर्गापूर कारखान्यामधून १९६२ सालापासून उत्पादन सुरू झाले. ह्या कारखान्याची आरंभी उत्पादनक्षमता १५ हजार टन होती. परंतु त्याची वाढ करून ती ५० हजार टनांपर्यंत वाढविण्याच्या कंपनीच्या योजना आहेत. १९६८ साली त्या कारखान्याचे उत्पादन १४ हजार टन होते व १९६९ साली त्याची वाढ १७.६ हजार टन एवढी झाली. ह्या कंपनीची १९६८-६९ सालाची उलाढाल ३.६२ कोटी रुपयांची होती.

ठाणे-बेलापूर येथील कारखान्याच्या उत्पादनाला १९६६ साली आरंभ झाला. त्याची आरंभीची उत्पादनक्षमता १५ हजार टनच होती. परंतु ती आता २० हजार टनांपर्यंत वाढविण्यात आली आहे. काजळीसाठी लागणारा कच्चा माल कंपनी मुंबईच्या तेलशुद्धीकरण कारखान्यातून घेते. ह्या कंपनीचे १९६८ सालचे उत्पादन १३.४ हजार टन होते, ते १९६९ साली १८.० हजार टनांपर्यंत वाढले. १९६९ सालची उलाढाल ३.५४ कोटी रुपयांची झाली.

इंडियन रीजनरेटिंग कंपनी लि. हा तिसरा कारखाना मद्रासजवळ मनाली येथे उभारण्यात येणार आहे. त्याचे भांडवल ४ कोटी रुपयांचे असून त्या कारखान्याची उत्पादनक्षमता १५ हजार टन राहील. त्याचे उत्पादन १९७५ साली सुरू व्हावयाचे आहे.

१९७० साली भारतामध्ये काजळीचे सर्व उत्पादन ३४.८ हजार टन होते. तथापि भारताची वाढती गरज भागविण्यासाठी काही काजळी आयात करावी लागते. १९७०-७१ साली २ हजार टन काजळी आयात करण्यात आली. ही आयात तत्पूर्वीच्या आयातीपेक्षा पुष्कळच कमी आहे. तिन्ही कारखान्यांचे उत्पादन सुरू झाल्यावर काजळीच्या बाबतीत भारत बहुधा स्वयंपूर्ण होईल असे दिसते.

मानवनिर्मित तंतू

कापसाचे तंतू हे निसर्गदत्त आहेत. त्यापासून सूत काढून कापड विणतात. गेली हजारो वर्षे हे सर्वांच्या परिचयाचे आहे. परंतु अलिकडे सुती कापडापेक्षा काही दृष्टीने चांगले सोयीचे आणि नवीन व उपयुक्त गुणधर्म असलेले कापड बनविण्यासाठी मानवनिर्मित तंतू निघाले व त्याचे कापड एकदम लोकप्रिय झाले. ह्या

तंतूंमध्ये मुख्यत: दोन जातींच्या तंतूंचा अंतर्भाव करतात. एक म्हणजे सेल्युलोज-जन्य तंतू, ह्यामध्ये रेयॉन, विस्कोज, अॅसिटेट ह्या नावाच्या तंतूंचा समावेश होतो. दुसऱ्या जातीमध्ये सेल्युलोज मुळीच न वापरता तंतूंची निर्मिती करण्यात येते. हे दोन्ही जातींचे तंतू हे मानवनिर्मित आहेत हे खरे. परंतु सेल्युलोज न वापरता बनविलेले तंतू हे खरे संश्लेषित तंतू आहेत. त्यांना ' सिंथेटिक फायबर ' असेही म्हणतात. त्यांच्या संश्लेषणामध्ये ९० टक्के पेट्रोरसायने वापरली जातात. पेट्रोरसायनांच्या दृष्टीने ह्या जातीचे तंतू विशेष महत्त्वाचे आहेत म्हणून त्यांचा विचार करण्यात येईल. ह्या जातीच्या तंतूंचे पुढील प्रकार प्रमुख आहेत : (१) नायलॉन, (२) पॉलिएस्टर, (३) अॅक्रिलिक व (४) पॉलिप्रॉपिलिन.

नायलॉन ६ व नायलॉन ६६ ह्यांना पॉलिअमाइड तंतू असे म्हणतात. त्यांपैकी नायलॉन ६ हा कॅप्रोलॅक्टम (caprolactum) पासून बनवितात. कॅप्रोलॅक्टम हे टालुइनपासून तयार करतात. परंतु नायलॉन ६६ ह्याची निर्मिती अॅडिपिक आम्ल व हेक्झामिथिलिन डायअमिन ह्या रासायनिक द्रव्यांपासून करतात. ही दोन्ही द्रव्ये पेट्रोरसायने आहेत. काही विशेषगुणांमुळेच नायलॉन फारच थोड्या काळात लोकमान्यता पावले. उच्च तन्यता सामर्थ्य, स्थितिस्थापकत्व, घर्षणविरोध, तापवून बसविलेली घडी तशीच कायम रहाणे, कमी पाणी शोषून घेणे, सहज ज्वालाग्राही नसणे, वजनाने हलकेपणा, रंगविण्याला सुलभ, वगैरे गुणांमुळे ह्या प्रकारच्या तंतूंचा वापर मोठ्या प्रमाणावर होऊ लागला. नायलॉन धाग्यांचा उपयोग पायमोजे व इतर विणलेले कपडे बनविण्या-साठी तर होतोच, शिवाय मासे पकडण्यासाठी जाळी, मोटारच्या टायरसाठी जाड दोर व गालीचे हे नायलॉनचेच बनवितात.

दुसरा प्रकार म्हणजे पॉलिएस्टर तंतू. ह्या तंतूंना अमेरिकेमध्ये ' डेक्रॉन ' म्हणतात, तर भारतामध्ये पूर्वी टेरिलिन म्हणत असत. परंतु आता ते तंतू ' टेरिन ' ह्या नावाने प्रसिद्ध आहेत. ह्या तंतूच्या निर्मितीसाठी इथिलिन ग्लाय-कॉल व टेरिफ्थॅलिक आम्ल ह्यामधील अभिक्रिया महत्त्वाची आहे. ह्या तंतूचे संशोधन व निर्मिती प्रथम इंग्लंडमध्ये झाल्यामुळे ह्या तंतूचे कपडे अमेरिकेपेक्षा युरोपमध्ये लवकर लोकप्रिय झाले. ह्या तंतूचा विशेष गुण म्हणजे ह्या तंतूच्या धाग्याचे कापूस, लोकर, रेयॉन ह्यांच्या धाग्याशी सहज संमिश्रण करता येते.

ह्या तंतूंच्या कापडाचे गुणधर्म म्हणजे त्याचे कपडे चांगले शिवता येतात, पाडलेली घडी मोडत नाही, म्हणजे सुरकुत्या पडत नाहीत, सहज धुता येतात, पाण्यामध्ये भिजल्यावर कपडे आटत नाहीत किंवा ढिले होत नाहीत, कपडे लवकर वाळतात वगैरे. ह्या गुणांमुळे ह्या तंतूंचे कापड सुटासाठी, शर्टसाठी, साडी-ब्लाऊजसाठी वापरणे सोयीचे पडते.

ॲक्रिलिक तंतू हा तिसरा प्रकार. हे तंतू प्रामुख्याने पॉलिॲक्रिलो नायट्राइलचे बनलेले असतात. ह्यासाठी लागणारे मूलभूत द्रव्य ॲक्रिलोनायट्राइल (acrylonitrile) हे एक पेट्रोरसायन आहे. ह्या तंतूंचे विशेष गुण म्हणजे ह्यामध्ये लोकर व रेशीम ह्यांचेही काही गुण आहेत. स्वेटर, पायमोजे वगैरे विणलेले कपडे, गालिचे ह्यांच्यासाठी ॲक्रिलिक तंतूंचा उपयोग होतो. कापड निर्मितीशिवाय नायट्राइल रबर बनविण्यासाठी ॲक्रिलिक तंतूंचा उपयोग करतात.

चवथा प्रकार म्हणजे पॉलिप्रॉपिलिन तंतू. ह्या तंतूंना अजूनही जगन्मान्यता लाभली नसली तरी जपानमध्ये त्यांना बरीच लोकप्रियता लाभली आहे. ह्या तंतूंचे उत्पादन प्रॉपिलिनपासून करतात. पेट्रोलिअम उद्योगामध्ये ते एक स्वस्त व मुबलक अपद्रव्य असून, त्याच्या बहुवारिकीकरणाने पॉलिप्रॉपिलिन तयार होते. ह्याचा उपयोग स्वेटर बनविणे, मोटारीतील बैठकीचे कापड व गालीचे बनविणे ह्यासाठी होतो. असे हे मुख्य चार प्रकार आहेत.

जगभर वस्त्रे व इतर औद्योगिक उपयोग ह्यांच्यासाठी नैसर्गिक व मानव-निर्मित तंतू ह्यांचे जागतिक उत्पादन १९७० साली सुमारे २२० लक्ष टन एवढे झाले. ह्यापैकी सुमारे २५ टक्के संश्लेषित तंतू आहेत. १९६६ साली हेच उत्पादन १८० लक्ष टन होते. त्या १८० लक्ष टनांपैकी संश्लेषित तंतूंचे उत्पादन २९ लक्ष टन एवढे म्हणजे १६ टक्के होते. संश्लेषित तंतूंचे हे उत्पादन १९४६ साली झालेल्या उत्पादनाच्या १०० पट आहे, तर १९५६ साली झालेल्या उत्पादनाच्या दसपट आहे. ह्यावरून संश्लेषित तंतूंचे उत्पादन किती झपाट्याने वाढत आहे ह्याचा अंदाज येतो. ह्या साऱ्या उत्पादनापैकी ३८ टक्के अमेरिकेमध्ये तर इंग्लंड व पश्चिम युरोपमध्ये हेच प्रमाण ३१ टक्के आहे ; जपानमध्ये १८ टक्के व इतर देशांमध्ये उरलेले १३ टक्के अशी ही उत्पादनाची विभागणी आहे.

१९४५ सालापर्यंत नायलॉन ह्या एकमेव संश्लेषित तंतूंचे उत्पादन होत होते. परंतु त्यानंतर ह्या क्षेत्रामध्ये इतरही प्रकारचे तंतू आले. १९६७ सालच्या उपलब्ध शेकडेवारीप्रमाणे नायलॉनचे शेकडा प्रमाण ४६ टक्के, पॉलिएस्टरचे शेकडा प्रमाण २७ टक्के व ॲक्रिलिकचे प्रमाण शेकडा १९ टक्के व इतर सर्व प्रकार मिळून ८ टक्के अशी ही निरनिराळ्या संश्लेषित तंतू प्रकारांच्या उत्पादनाचे परस्पर प्रमाण आहे. ह्या जागतिक पार्श्वभूमीवर भारतीय उत्पादनाची माहिती उद्बोधक ठरेल. निरनिराळ्या कारखान्यांची माहिती पुढीलप्रमाणे आहे.

नायलॉन तंतू उत्पादन करणारे कारखाने

(१) **निर्लॉन सिन्थेटिक फायबर्स ॲण्ड केमिकल्स लिमिटेड, मुंबई.**—ह्या कंपनीची स्थापना १९५८ साली झाली. ह्या कंपनीचे आरंभीचे भांडवल १० कोटी रुपयांचे होते. कंपनीच्या कारखान्याची उभारणी मुंबई (गोरेगाव) येथे झाली असून १९६२ सालापासून नायलॉन धाग्याची ' निर्लॉन ' (Nirlon) ह्या व्यापारी नावाखाली उत्पादनाला सुरवात झाली. १९७०-७१ साली कारखान्याचे उत्पादन २,८९० टन एवढे झाले. हीच कंपनी १९६७ सालापासून पॉलिएस्टर तंतू पण तयार करू लागली आहे. मोटारीच्या टायरसाठी लागणारे कॉर्ड ' निर्कॉर्ड ' (Nircord) ह्या व्यापारी नावाखाली ही कंपनी तयार करू लागली आहे.

(२) **जे. के. सिन्थेटिक्स लि., कानपूर.**—ह्या कंपनीची स्थापना १९६१ साली झाली. ह्या कंपनीचे आरंभीचे भांडवल ५ कोटी रुपयांचे होते. ह्या कंपनीने राजस्थानमधील कोटा ह्या ठिकाणी कारखाना उभारला असून त्यामधून १९६२ साली उत्पादनाला आरंभ झाला. कारखान्याचा विस्तार करण्याचा व ॲक्रिलिक तंतू मोठ्या प्रमाणावर उत्पादन करण्याचा कंपनीचा विचार चालू आहे. १९७१ साली कंपनीने ३,४५० टन नायलॉन धागे, ४० टन नायलॉन कॉर्ड व ३० टन ॲक्रिलिक तंतू ह्यांचे उत्पादन केले.

(३) **मोदीपान लि., मोदीनगर.**—मोदीपान लि. ह्या कंपनीची स्थापना १९६५ साली झाली. कंपनीने मोदीनगर (उत्तर प्रदेश) येथे नायलॉन ६ चे तंतू तयार करणारा कारखाना सुरू केला. कंपनीचे १० कोटी रुपयांचे भांडवल आहे.

कारखान्यामधून १९६८ साली उत्पादनाला आरंभ झाला. आरंभी दरसाल १,८०० टन नायलॉनचे उत्पादन होत होते ते १९७२ मध्ये २,२०० टनांपर्यंत वाढविण्यात आले. कंपनीची १९७१-७२ सालची उलाढाल १० कोटी रुपयांची झाली.

(४) **सेंच्युरी एन्का लि., कलकत्ता.**—ह्या कंपनीची स्थापना १९६५ साली झाली. कंपनीचे भांडवल ५ कोटी रुपयांचे असून कंपनीचा कारखाना पुण्याजवळ पिंपरी येथे १९६६ साली सुरू झाला. १९७१ साली ९२० टन नायलॉनचे धागे तयार झाले. ते धागे 'एन्कालॉन' (Enkalon) ह्या व्यापारी नावाने प्रसिद्ध आहेत.

(५) **गुजरात पॉलिअमाइड लि., बडोदे.**—ह्या कंपनीची स्थापना बडोदे येथे १९६४ साली झाली. दुधना (सुरत) येथे कारखाना सुरू व्हावयाचा आहे. दरसाल १,८०० टन नायलॉन धागे तयार व्हावे अशी योजना आहे.

(६) **गरवारे नायलॉन्स लि., मुंबई.**—ह्या कंपनीचा आरंभ १९५७ साली मुंबईमध्ये एक खासगी कंपनी म्हणून झाला व १९७० साली तिचे सार्वजनिक कंपनीमध्ये रूपांतर झाले. ह्या कंपनीचे भांडवल ३ कोटी रुपये आहे. १९७१-७२ ह्या वर्षी कंपनीने १,०५० टन एवढे नायलॉनचे उत्पादन केले. त्याची विक्री किंमत ४ कोटी रुपये एवढी झाली.

पॉलिएस्टर तयार करणारे कारखाने

(१) **केमिकल्स अँड फायबर्स ऑफ इंडिया लि., मुंबई.**—ह्या कंपनीची स्थापना १९६१ साली झाली. कंपनीचे आरंभीचे भांडवल १० कोटी रुपये होते. कंपनीने, ठाणे (मुंबई) येथील खाडीच्या पलीकडे कारखान्याची उभारणी केली असून १९६५ सालापासून पॉलिएस्टर तंतूंच्या 'टेरिन' ह्या नावाखाली उत्पादनाला आरंभ झाला. कंपनीच्या कार्याचा विस्तार करून कंपनीचे वार्षिक उत्पादन ६,००० टन करावे अशी योजना आहे. १९७१ मध्ये उत्पादन ५,७३० टन झाले. त्याची किंमत ३४·४६ कोटी रुपये एवढी झाली.

(२) **इंडियन ऑर्‌गॅनिक केमिकल्स लि., मुंबई.**—ह्या कंपनीची स्थापना १९६० साली झाली. पॉलिएस्टर तंतू निर्माण करण्यासाठी मनाली (मद्रास)

येथे कारखाना काढण्यात आला असून १९७२ सालापासून उत्पादन सुरू झाले आहे. हे तंतू 'फ्युचुरा' (Futura) ह्या व्यापारी नावाने विकले जातात.

(३) **स्वदेशी पॉलिटेक्स लि., गझियाबाद.**—ह्या कंपनीची स्थापना १९७० साली झाली. कंपनीचे भांडवल १० कोटी रुपये आहे. ह्या कंपनीने गझियाबाद (उत्तर प्रदेश) येथे दरसाल ६,१०० टन पॉलिएस्टर तंतू तयार करणारा कारखाना १९७२ साली सुरू केला. पॉलिएस्टर तंतू 'जयलिन' (Jailene) ह्या नावाखाली विकण्यात येणार आहेत.

ॲक्रिलिक तंतू तयार करणारे कारखाने

ॲक्रिलिक तंतू तयार करणारा भारतामध्ये एकच कारखाना कोटा येथे आहे. जवाहर नगर (बडोदे) येथे दुसरा सार्वजनिक क्षेत्रामध्ये १२,००० टन ॲक्रिलिक तंतू तयार करणारा कारखाना लवकरच सुरू होणार आहे.

पॉलिप्रॉपिलिन तंतू.—मेसर्स नी ओमर लि., बडोदे ह्यांचे गुजरात राज्यामध्ये वार्षिक ६,००० टन पॉलिप्रॉपिलिन तंतू उत्पादनासाठी कारखाना काढण्यासाठी प्रयत्न चालू आहेत.

भारतामध्ये संश्लेषित तंतूंच्या उत्पादनाची वाढ व व्यवसायाचा विस्तार ही साहजिकच पेट्रोरसायनांचे उत्पादन किती वाढविता येईल ह्यावर अवलंबून आहेत. ह्या सर्व प्रकारच्या तंतूंसाठी लागणारा कच्चा माल पेट्रोरसायनांपासून मिळवावयाचा असतो. पेट्रोरसायनांच्या व्यवसायावर पडणाऱ्या मर्यादा पर्यायाने ह्या व्यवसायावर पण पडणार हे उघड आहे.

भारतातील मानवनिर्मित तंतू ह्यांचे १९६९ व १९७० ह्या दोन वर्षांचे उत्पादन पुढील कोष्टकात आले आहे.

कोष्टक क्र. ७.१६

सेल्युलोजजन्य तंतू (आकडे टनांमध्ये)

वर्ष		व्हिस्कोज फिलामेंट धागे	व्हिस्कोज तंतू	ॲसिटेट फिलामेंट धागे	ॲसिटेट तंतू
१९६९	..	३६,८१५	५८,५१७	१,४६९	४६१
१९७०	..	३७,०२२	६०,७००	१,९२२	३१७

कोष्टक क्र. ७.१७

संश्लेषित तंतू (आकडे टनांमध्ये)

वर्ष		नायलॉन फिलामेंट धागे	नायलॉन कॉर्ड (टायरसाठी)	पॉलिएस्टर तंतू	पॉलिएस्टर फिलामेंट धागे	ॲक्रिलिक तंतू
१९६९	..	७,८९२	३४७	५,७३८	२०४	३६
१९७०	..	१०,६३१	४१७	५,३३३	६७४	१९२

संश्लेषित (कृत्रिम) रबर

रबराच्या झाडाच्या चिकापासून रबर तयार होतो. नैसर्गिक रबराचे उत्पादन मुख्यत: दक्षिण-पूर्व म्हणजे आग्नेय आशियामध्ये होते. विविध जातींच्या मोटार-वाहनांची वाढती संख्या लक्षात घेता ह्या वाहनांचे टायर व ट्यूब वगैरेसाठी रबराची गरज पुरविण्यासाठी व विशेषत: युद्धकाळामध्ये स्वावलंबनाच्या दृष्टीने जर्मनीसारख्या पुढारलेल्या देशात संश्लेषित रबरासाठी संशोधन सुरू झाले व ते चांगले यशस्वी पण झाले.

गेल्या महायुद्धात आग्नेय आशियावर जपानचा पगडा असल्यामुळे व युद्धा-नंतर त्या भागात अस्थिर राजकीय परिस्थिती असल्यामुळे अमेरिका, इंग्लंड वगैरे देशांना नैसर्गिक रबराची टंचाई तीव्रतेने जाणवू लागली. युद्धोत्तर कालामध्ये सर्वत्र स्थिरस्थावर झाल्यावर रबराच्या झाडांची लागवड वाढली. तरीपण रबराचा तुटवडा शिल्लक राहिलाच. रबराच्या झाडांची लागवड केल्यानंतर रबर मिळवावयाला कमीत कमी ७ वर्षे लागतात. त्यामुळे रबराची गरज वाढत होती, त्या प्रमाणात ती पुरविण्याला नैसर्गिक रबर असमर्थ ठरला. संश्लेषित रबराच्या उत्पादनाला ह्या कारणामुळे चांगलाच वाव मिळाला. १९५० सालापासून संश्लेषित रबराचे उत्पादन सारखे वाढत आहे. उदाहरणार्थ १९५६ ते १९६५ ह्या १० वर्षांच्या काळामध्ये नैसर्गिक रबराचे जागतिक उत्पादन १९ लक्ष टनांवरून २४ लक्ष टनांपर्यंत वाढले. त्याच कालावधीमध्ये संश्लेषित रबराचे जागतिक (कम्युनिस्ट देश वगळून) उत्पादन १२.१ लक्ष टनांवरून ३३.३ लक्ष टनांवर गेले. म्हणजेच त्याच कालावधीमध्ये सर्व रबराच्या एकूण उत्पादनामध्ये संश्लेषित रबराचे शेकडा प्रमाण ३९.२ टक्क्यांवरून ५८ टक्क्यांवर गेले. हेच शेकडा प्रमाण १९७५ सालापर्यंत ७० टक्क्यांपर्यंत पोचेल असा अंदाज आहे.

दरमाणशी किती रबर वापरला जातो व त्यामध्ये संश्लेषित रबराचे प्रमाण किती असते हे पुढे दिलेल्या काही देशांच्या आकडेवारीने ध्यानात येईल :

कोष्टक क्र. ७.१८

देश	दरसाल दर माणशी लागणारा रबर	संश्लेषित रबराचे शेकडा प्रमाण
अमेरिका	१२ कि.ग्रॅ.	७५
ब्रिटन	७ कि.ग्रॅ.	५२
जपान	५ कि.ग्रॅ.	५२
भारत	०·२५ कि.ग्रॅ.	३०

एवढा हा रबर लागतो तरी कशासाठी ? ह्या प्रश्नाचे उत्तर अमेरिकेच्या उपलब्ध असलेल्या आकडेवारीने देता येईल. पुढील आकडेवारीमुळे सामान्यपणे कोणत्या वस्तूंसाठी, शेकडा किती रबर वापरला जातो हे समजून येईल.

कोष्टक क्र. ७.१९

वाहनांचे टायर	६२.९ टक्के
यांत्रिक माल	१४.५ टक्के
खेळांचे सामान व खेळणी	१२.२ टक्के
पादत्राणे	५.८ टक्के
फोमच्या गाद्या वगैरे	३.५ टक्के
विजेच्या व अन्य तारांवरील आवरण	१.१ टक्के

संश्लेषित रबराचे विविध प्रकार लक्षात घेता त्यांमध्ये मोठ्या प्रमाणावर पेट्रोलिअम उद्योगामधून निघणारी अपद्रव्ये वापरण्यात येतात. संश्लेषित रबराचे प्रमुख प्रकार व त्यांना लागणारा कच्चा माल :—

स्टायरिन–ब्युटाडाइन रबर (SBR)—ब्युटाडाइन, स्टायरिन.

नीओप्रिन रबर—असिटिलिन, क्लोरीन, ब्युटाडाइन.

नायट्राइल रबर—ब्युटिलिन, ॲक्रिलोनायट्राइल.

ब्युटिलन रबर—आयसोब्युटिलिन.

इतर—ब्युटाडाइन, आयसोपेंटिन, प्रॉपिलिन, इथिलिन वगैरे.

संश्लेषित रबरासाठी कोणती असंतृप्त द्रव्यें किती प्रमाणात लागतात ह्याचा साधारण अंदाज अमेरिकेच्या १९६४ सालच्या उपलब्ध आकडेवारीवरून येईल.

कोष्टक क्र. ७.२०

(आकडे १,००० टनांचे)

ब्युटाडाइन	९९४
स्टायरिन	२२५
ॲसिटिलिन	१०४
इथिलिन	२०
ॲक्रिलोनायट्राइल	१६
आयसोब्युटिलिन	११३

संश्लेषित रबराची घडण करतात तरी कशी हे पाहू. ब्युटाडाइन, आयसोप्रिन, स्टायरिन, ॲक्रिलोनायट्राइल, वगैरे असंतृप्त रासायनिक द्रव्यांचे बहुवारिकी-करणाच्या प्रक्रियेने रबर तयार होतो. काही ठिकाणी एकापेक्षा जास्त असंतृप्त द्रव्यांचे सहबहुवारिकीकरण करणे जरूर असते.

नैसर्गिक व संश्लेषित रबर ह्यांचे गुणधर्म अगदी सारखेच असतात का ? तर सर्वच गुणधर्म सारखेच असतात असे नाही. खरे म्हणजे रबरसदृश कृत्रिम पदार्थांना संश्लेषित रबर म्हणणे बरोबर नाही. कारण संश्लेषित रबर हा नैसर्गिक रबराप्रमाणे रेणूरचना, घटकद्रव्ये व गुणधर्म असलेला असा पदार्थ नसतो. त्यामुळे रूढ असलेला 'संश्लेषित रबर' म्हणजे खरोखर कृत्रिम रबर असून त्याचे गुण नैसर्गिक रबरासारखे अगदी बरोबर तसेच नसून केवळ तत्सदृश आहेत हे ध्यानात ठेविले पाहिजे. एवढेच काय तर तथाकथित संश्लेषित रबराचे जे निरनिराळे प्रकार आहेत त्यांमध्ये पण समान गुण नसतात. कोणत्या कार्यासाठी कोणते गुण उपकारक आहेत हे ध्यानात घेऊन विशिष्ट रबराची निवड केली जाते. काही ठिकाणी न झिजणे, म्हणजे घर्षणविरोध हा गुण मोलाचा, तर काही ठिकाणी लवचिकपणा, मऊपणा, स्थितिस्थापकत्व, चेंडू उडण्याचा गुण, तेलाचा परिणाम न होणे, हवेचा कमीत कमी परिणाम होणे वगैरे गुण ह्यांपैकी एक किंवा अधिक गुण आवश्यक असतात.

वापरामुळे झिजलेला टायर टाकून न देता, त्यातील रबर नैसर्गिक किंवा संश्लेषित रबराबरोबर मिसळतात. त्या मिश्रणावर पुन्हा प्रक्रिया करून

साच्यामध्ये घालून त्याला योग्य तो आकार दिल्यावर ते मिश्रण रबर म्हणून वापरता येते. विशेषत: मोटार टायरसाठी असा पुन:प्रापित (रीक्लेम्ड) रबर उपयोगी पडतो.

भारतामध्ये नैसर्गिक रबराचे उत्पादन होते. परंतु ते अपुरे असल्यामुळे रबराची गरज संश्लेषित रबर तयार करून व काही प्रमाणात रबर आयात करून भागवावी लागते. भारतामध्ये संश्लेषित रबर तयार करणारा एकच कारखाना बरेली (उत्तर प्रदेश) येथे आहे. दुसरा कारखाना गुजरात राज्यामध्ये काढण्याची योजना चालू आहे.

सिन्थेटिक्स अँण्ड केमिकल्स लिमिटेड, बरेली : ह्या कंपनीची स्थापना १९६० साली झाली. कंपनीचे भांडवल १५ कोटी रुपयांचे असून दरसाल ३०,००० टन उत्पादन करणाऱ्या बरेली येथील कारखान्यामधून १९६३ साली उत्पादन सुरू झाले. हे उत्पादन ५०,००० टनांपर्यंत वाढविण्याचे प्रयत्न चालू आहेत.

रबरासाठी कच्चा माल आरंभी साखर कारखान्यांकडून मिळणारा इथिल आल्कोहोल व दुर्गापूर व रूरकेला येथील पोलाद कारखान्यांकडून मिळणारे बेन्झिन हा होता. नंतर मुंबईच्या 'नोसिल' ह्या पेट्रोरसायन उद्योग समूहाच्या ब्युटाडाइन ह्या कच्च्या मालाचा उपयोग होऊ लागला. १९७१ साली कंपनीची उलाढाल १५.४० कोटी रुपयांची झाली.

इंडियन पेट्रो-केमिकल्स कॉर्पोरेशन लिमिटेड, बडोदे : सार्वजनिक क्षेत्रातील ह्या कंपनीच्या वतीने दरसाल २०,००० टन संश्लेषित रबर बनविण्याची योजना पुरी झाली असून लवकरच उत्पादनाला सुरुवात होईल.

भारतातील रबराच्या सर्व प्रकारांचे उत्पादन, आयात व खप ह्यांची १९६९-७० व १९७०-७१ ह्या दोन वर्षांची आकडेवारी पुढील कोष्टकात दिलेली आहे.

कोष्टक क्र. ७.२१

(आकडे १,००० टनांचे)

वर्ष	उत्पादन			आयात			खप		
	नैसर्गिक	संश्लेषित	पुन:प्रापित	नैसर्गिक	संश्लेषित	पुन:प्रापित	नैसर्गिक	संश्लेषित	पुन:प्रापित
१९६९-७०	८२.०	२८.२	१४.४	१७.८	४.७	...	८६.२	३०.६	१३.९
१९७०-७१	९२.२	२९.८	१५.३	२.५	५.०	...	८७.२	३३.२	१३.९

भारतामध्ये संश्लेषित रबराचे उत्पादन पेट्रोरसायनांच्या उत्पादनाची वाढ होईल, त्याप्रमाणे वाढेल व भारताचे बऱ्याच प्रमाणात स्वावलंबन वाढेल.

पॅराफिन मेण

कचरा किंवा मळ ह्यांची व्याख्या केव्हा केव्हा योग्य वस्तू अयोग्य जागी अशी केली जाते. म्हणजे चांगली वस्तू किंवा उपयोगी वस्तू चुकीच्या जागी गेल्यास ती टाकाऊ किंवा अडगळ बनते. ही व्याख्या पॅराफिन मेणाच्या बाबतीत तंतोतंत लागू पडते. मेण हे कमी जास्त प्रमाणात सर्व खनिज तेलांमध्ये असते. म्हणून त्याला पेट्रोलिअम मेण असेही नाव आहे. खनिज तेलाचे शुद्धीकरण करून वायूरूप किंवा द्रवरूप पदार्थ बनवितात. त्यामध्ये घनरूप मेण ही मोठीच अडगळ असते व नको तेथे हे मेण अडचणी निर्माण करते. तैल पदार्थांमधून हे तापदायी अपद्रव्य वेगळे करून काढावे लागते. परंतु मेण वेगळे करून घेतल्यावर ते टाकून देण्याचे कारण नाही. मेणाचेसुद्धा बरेच चांगले उपयोग आहेत. विविध कामांसाठी मेणाचा वापर करण्यात येतो. अर्थातच सर्व तेल उद्योगांचा विचार करता त्यामध्ये मेणाचे स्थान कदाचित नगण्य वाटेल. जगभर दरसाल मेणाचे उत्पादन किती होत असेल? फार तर १० ते २० लक्ष टन. परंतु खनिज तेलजन्य पदार्थांमध्ये अगदी खेडेगावापर्यंतसुद्धा आबालवृद्धांच्या परिचयाचे असे दोन तैल प्रकार आहेत. ते म्हणजे केरोसीन किंवा रॉकेल आणि मेणबत्तीचे मेण हे होत. त्यामुळे सर्वपरिचित अशा मेणाचा विचार अप्रस्तुत होणार नाही.

सर्व खनिज तेलांमध्ये घनरूप मेण हे इतर द्रवरूप पदार्थांमध्ये विरघळलेले असते. म्हणून तर अशुद्ध प्रवाही तेल पाहिल्यावर त्यामध्ये मेण असेल अशी शंकासुद्धा येत नाही. तरीपण सर्व खनिज तेलांमध्ये मेण हे असतेच. फरक आहे तो त्यातील शेकडा प्रमाण किती आहे ह्यामध्ये. खनिज तेलाचे (क्रूड तेल) त्यातील घटक द्रव्यांवरून तीन प्रकार करण्यात येतात : (१) पॅराफिनयुक्त क्रूड तेल, (२) ॲस्फाल्टयुक्त क्रूड तेल, आणि (३) पॅराफिन व ॲस्फाल्टयुक्त असे मिश्र क्रूड तेल. (१) पेनिसिल्वानिया येथील क्रूड तेल पहिल्या प्रकारामध्ये बसते. (२) रशियन व रुमानिअन तेल व कॅलिफोर्निआ येथील क्रूड तेल दुसऱ्या वर्गात मोडते. (३) इराण व इराक येथील क्रूड तेल तिसऱ्या प्रकारचे आहे. अर्थातच ही विभागणी ढोबळ स्वरूपाची आहे हे ध्यानात ठेविले पाहिजे.

मेणाची निर्मिती

खनिज तेल शीतकामध्ये गार केल्यास काही मेण वेगळे होण्याची शक्यता असते. परंतु पुष्कळवेळा शीतकामध्ये सर्वच द्रवरूप तेल अर्ध-घनरूप म्हणजे चांगलेच घनदाट बनते, पण मेण वेगळे होत नाही. सामान्यपणे त्यामुळे तेलशुद्धीकरणामध्ये तुलनेने कमी तपमानाला वाफ होणारे बरेचसे तेल प्रकार वेगळे झाल्यावर 'ल्युब तेल' पदार्थ म्हणजे वंगणालायक तेल ह्याच पद्धतीने वेगळे करतात. वंगण तेल प्रकारामध्ये मेणाचा बराच भाग असतो. तथापि काही शिल्लक राहतोच, तो तेलभट्टीमध्ये उरलेल्या ॲस्फाल्टमध्ये असतो.

बरेचसे मेण हे वंगण तेल पदार्थांमधून मिळते. खरे म्हणजे वंगणाच्या तेलातील मेण हे अपद्रव्य काढून टाकणे अत्यंत आवश्यक असते. थंडीच्या दिवसात वंगणाच्या तेलामधील मेण सहज घट्ट होते. त्यामुळे वंगण तेलाच्या कार्यामध्ये अडथळे निर्माण होतात. वंगण तेल विभागातून मेण वेगळे करण्यासाठी ते शीतकामध्ये गार केल्यावर मेण तेवढे घन होऊन वेगळे पडते व वंगण तेल द्रवरूप राहते. हे तेल गाळून घेतल्यावर मेण वेगळे होते. मेण पुढे शुद्ध करून घ्यावे लागते. अशुद्ध मेणामधील प्रमुख दोष म्हणजे त्याचा रंग व वास. मेण निर्गंधी व पांढरे स्वच्छ करण्यासाठी ते वितळवून 'फुलर्स अर्थ' नावाच्या छिद्रयुक्त रेतीमधून गाळून घेतात. मेणामधील रंग व वास द्रव्ये सछिद्र रेतीमध्ये शोषली जातात व मेण स्वच्छ व वासरहित होते. अशातऱ्हेने शुद्ध केलेले मेण स्फटिकयुक्त असते.

मेणाचा दुसरा प्रकार म्हणजे 'सूक्ष्म स्फटिकी' मेण. नावाप्रमाणे ह्या मेणामध्ये स्फटिकांचा आकार लहान असतो. ह्या मेणामध्ये काही विशेष गुण असतात. त्याची निर्मिती खर्चाची असल्यामुळे ते महाग पडते. ह्या मेणाचा पातळ थरसुद्धा ताण सहन करू शकतो. त्याचे इतर प्रमुख गुण म्हणजे त्याची तन्यता. कडक थंडीमध्येसुद्धा त्याची घडण सुलभता टिकून राहते व ते आसंगी (adhesive) आहे.

तेलशुद्धीकरणामध्ये वंगण तेल विभागाचे बाष्प झाल्यावर तेलभट्टीमध्ये मागे उरणारा भाग हा ॲस्फाल्टचा असतो. त्या भागामध्ये जास्त रेणूभारांक असलेले मेण प्रकार असतात. त्याबरोबर जास्त दाटपणा (viscosity) असलेले

वंगण तेल पण असते. मेण वेगळे करण्यासाठी शीतकीकरण (chilling) तंत्र वापरता येत नाही. मेण विरघळवणारा योग्य द्रावक उदाहरणार्थ मिथिल इथिल किटोन वापरून मेण इतर द्रव्यांपासून वेगळे होते. पुढे मेणयुक्त द्रावकाचे बाष्प केल्यावर मेण मागे शिल्लक राहाते. पुढे ते शुद्ध करून घेतले जाते.

मेणाची रासायनिक घडण.—मेण हे एक शुद्ध द्रव्य नसून समानधर्मी बऱ्याच द्रव्यांचे ते मिश्रण असते. मेण हे संतृप्त हायड्रो-कार्बन असून, त्यामध्ये कार्बन अणूंची संख्या १७ ते २४ असते. ह्या काही हायड्रो-कार्बन द्रव्यामध्ये कार्बन अणू सरल शृंखलेमध्ये जोडलेले असतात. काही ठिकाणी हे हायड्रोकार्बन सशाख शृंखलायुक्त किंवा वलययुक्त असे असतात. हायड्रो-कार्बनच्या अशा रचनेमुळे मेणामध्ये निरनिराळे सोयीचे गुणधर्म निर्माण होतात. सामान्यपणे ४५° से. ते ६७° से. द्रवणांक असलेल्या मेणाचे प्रकार वापरण्यात येतात. सूक्ष्म स्फटिकी मेणाचा द्रवणांक थोडा जास्त असतो.

मेणाचे उपयोग.—मेणाच्या उत्पादनाचा ५० टक्के भाग साधारणतः जगभर मेणबत्त्या तयार करण्यासाठी वापरण्यात येतो. मेणबत्तीची ज्योत तेजस्वी तर असतेच शिवाय ज्योतीमुळे काजळी साचत नाही. आगपेटीतील काडी पेटत राहावी म्हणून मेणामध्ये बुडविलेली असते. जवळजवळ ५० टक्के मेण इतर कामासाठी वापरतात. जळण्याशिवाय मेणाचे इतर उपयोग हे त्याची पाण्याच्या बाबतीतील अप्रवेश्यता, मऊपणा, आम्ले व आल्कली, हवा, पाणी ह्यांचा काहीच परिणाम न होण्याएवढी निष्क्रीयता, रुची, वास नसणे व विद्युत-रोधी असणे ह्या गुणांवर आधारलेले आहेत. मेणाचा पातळ थर असलेले कागद किंवा कागदी पुठ्ठे ह्यांचा बराच वापर असतो. पाव, बिस्किटे, चीज व दुसरे अन्नपदार्थ ह्यांमध्ये जरूर ती आर्द्रता राहावी म्हणून व हे खाद्यपदार्थ मेण-कागदामध्ये गुंडाळून बंद करून ठेवतात. त्यातील आवश्यक ती आर्द्रता बाहेर पडत नाही. किंवा बाहेरच्या हवेतील ओलावा आत शिरत नाही. खाद्यपदार्थांची त्यामुळे रुचि कायम राहते व टिकाऊपणा वाढतो.

संत्री, मोसंबी, अंडी ह्यांच्यावर मेणाचे लेपन केल्यास ती बरेच दिवस टिकतात. कागद, कापड ह्यावर मेणाचे पातळ थर दिल्यास तेथे पाण्याचा शिरकाव होत नाही किंवा आंतील आर्द्रता बाहेर जात नाही.

औषधी मलमे तयार करण्यामध्ये मेणाचा उपयोग होतो. लाकडाचे पॉलिश, बुटपॉलिश वगैरे तयार करताना मेणाचा वापर करतात. चित्रे बनविण्याच्या मेणामध्ये आकार्य द्रव्यांचा समावेश केलेला असतो. रेडिओ वगैरे उपकरणांमध्ये विद्युतरोधी म्हणून मेणाचा उपयोग होतो. दातांचे ठसे घेण्यासाठी दंतवैद्य वापरतात ते मेण अशाच प्रकारचे असते. ह्याशिवाय मेणाचे किरकोळ उपयोग बरेच आहेत.

भारतामधून मेणाची निर्यात होते, त्याचप्रमाणे काही उत्तम मेणाची आयात पण करावी लागते. सन १९७० ची आकडेवारी पुढील कोष्टकात दिलेली आहे.

कोष्टक क्र. ७.२२

आयात		निर्यात	
मेणाचे वजन	किंमत (दशलक्ष रु.)	मेणाचे वजन	किंमत (दशलक्ष रु.)
१,००० टन	२·५८	३,३३० टन	२·६७

पेट्रोलिअम कोक

दगडी कोळसा बंद टाकीमध्ये घालून तीव्र तपमानाला तापविल्यावर, त्यामधून शहरांना लागणारा जळाऊ वायू, डांबर, इतर द्रव्ये, ह्यांबरोबरच 'कोक' नावाचा धूरविरहित घट्ट कोळसा तयार होत असतो. बिनधुराचा कोळसा म्हणून त्याचा घरगुती शेगड्यांमध्ये व औद्योगिक क्षेत्रातील भट्ट्यांसाठी उपयोग होतो. त्याचप्रमाणे काही धातू उत्पादनामध्येंही कोकची गरज असते. परंतु हा झाला दगडी कोळशाचा कोक.

तेलशुद्धीकरण कारखान्यामध्ये पेट्रोलिअममधील बरीचशी पातळ द्रव्ये वाढत्या तपमानामध्ये व भंजन प्रक्रियेमध्ये वेगळी झाल्यावर जास्त रेणूभारांक असलेला घनरूप अवशेष मागे शिल्लक राहतो. ह्या घनरूप अवशेषाचे वाढत्या तपमानाला भंजन करून शेवटी कोकसारखे घनद्रव्य मिळते. अर्थात ह्यासाठी विविध प्रक्रिया आहेत. अशातऱ्हेने पेट्रोलिअम कोक तयार होतो.

पेट्रोलिअम-कोकचे औद्योगिकदृष्ट्या फार मोठे महत्त्व आहे. ह्या कोकचे वैशिष्ट्य म्हणजे ह्यामध्ये कार्बनचे प्रमाण निदान ९० टक्के असते. प्रक्रियेच्या

स्वरूपानुरूप ३ ते १० टक्के बाष्पशील द्रव्ये असतात. ह्यामध्ये २ टक्के गंधक आणि १ टक्क्यापेक्षाही कमी राख असते. तीच राख कोळशाच्या कोकमध्ये ८ टक्के असते. विशेषत: गंधकाचे प्रमाण जेवढे कमी तेवढी कोकची गुणवत्ता जास्त. चांगल्या गुणवत्तेचा कोक दोन तऱ्हेनी मिळविता येतो. एक म्हणजे कोकमधील गंधकाचे निर्मूलन करणे. ह्यासाठी खर्च बराच येत असल्याने ह्या पद्धतीचा उपयोग मोठ्या प्रमाणावर करणे व्यवहार्य नसते. दुसरा मार्ग म्हणजे मुळातच गंधकाचे प्रमाण फारच कमी असलेल्या खनिज तेलापासून मिळणारा कोक वापरल्यास विनासायास चांगल्या दर्जाचा कोक मिळतो. कोकचे निस्तापन (calcination) केल्यावर त्यामधील बाष्पनशील द्रव्ये पण काढून टाकता येतात व अगदी थोडी राख देणारा उत्तम जातीचा कोक तयार होतो. ह्या कोकला औद्योगिक क्षेत्रामध्ये फार मोठी मागणी असते.

दुसऱ्या महायुद्धाच्या काळामध्ये पेट्रोलची तीव्र टंचाई युद्धमान राष्ट्रांना जाणवू लागली. तेव्हा 'कोळशा'पासून पेट्रोल तयार करण्याचे तंत्र वापरून बरेच कृत्रिम पेट्रोल तयार करण्यात आले होते. ह्या ठिकाणी बरोबर त्याच्या उलट म्हणजे कोळशापासून मिळणाऱ्या कोकच्या ऐवजी पेट्रोलिअमपासून कोक (एक प्रकारे शुद्ध कोळसा) तयार करण्याचे तंत्र प्रस्थापित झाले. परंतु ह्या ठिकाणी कोळशाची टंचाई हे कारण नसून पेट्रोलिअमपासून उत्तम दर्जाचा कोक निर्माण करता येतो हे त्याचे कारण आहे. कोक तयार झाल्यावर त्याला गरजे-प्रमाणे निरनिराळे लहान मोठे व विविध आकार देता येतात. कोकच्या विटा बनविता येतात.

पेट्रोलिअम कोकचे विविध उपयोग

विशेष संस्कार न केलेल्या कोकचा उपयोग सीमेंट तयार करण्याच्या भट्ट्यांसाठी होतो. घरगुती शेगड्यांसाठी पण कोकचा वापर करतात. ह्याचे प्रमुख कारण म्हणजे ह्या कोकपासून अगदी थोडीच राख मागे शिल्लक राहते.

रासायनिक उद्योग क्षेत्रामध्ये कोकचा सर्वात जास्त उपयोग होतो तो ॲल्यु-मिनिअम धातूच्या निर्मितीमध्ये. अर्थात तो तीव्र उष्णता देणारे जळण म्हणून नव्हे किंवा क्षपणक (reducing agent) म्हणूनही नव्हे. केवळ इलेक्ट्रोड

म्हणून. अॅल्युमिनिअम धातूच्या निर्मितीमध्ये अॅल्युमिनिअम ऑक्साइड, क्रायोलाइट नावाच्या विशिष्ट खनिजामध्ये किंवा तत्सम कृत्रिम द्रव्यामध्ये बऱ्याच तपमानाला विरघळते. त्यानंतर विद्युत अपघटन (electrolysis) हे तंत्र वापरून अॅल्युमिनिअम धातू वेगळा होतो. ह्या प्रक्रियेमध्ये दोन इलेक्ट्रोड लागतात. ह्यापैकी धन इलेक्ट्रोडकडे ऑक्सिजन जातो. हा इलेक्ट्रोड कोकच्या कांड्या ह्या स्वरूपामध्ये असतो. विद्युतभट्टीच्या तपमानाला तयार होणाऱ्या ऑक्सिजनचा संपर्क येत असल्यामुळे कोकच्या कांड्या रासायनिक अभिक्रियेमुळे झिजतात. सामान्यपणे १ टन अॅल्युमिनिअमच्या उत्पादनामध्ये साधारणतः अर्धा टन कोक खर्च होतो. ह्या एकाच औद्योगिक उत्पादनामध्ये कोकची केवढी मागणी असते ह्याची कल्पना येईल. ह्याशिवाय इतरही विद्युत अपघटनांचे तंत्र वापरून तयार होणारी सोडिअम हायड्रॉक्साइड, क्लोरीन ह्यासारख्या उत्पादनामध्ये कोकची गरज असते. ह्याशिवाय लोह व अलोह धातूंच्या निर्मितीमध्ये ह्या कोकला मागणी असतेच. विशेषतः उत्तम जातीचे पोलाद व ओतीव लोखंड ह्यामध्ये कोकचा उपयोग करतात. इतर रासायनिक उद्योगांमध्ये पण त्याला मागणी आहे. कॅल्शिअम कार्बाइड, सिलिकॉन कार्बाइड, बोरॉन कार्बाइड ह्यासाठी व अपघर्षक (abrasive), कृत्रिम ग्रफाइट व विद्युतभट्टीमध्ये विरोधक अस्तर ह्यासाठी कोकचा उपयोग होतो. कृत्रिम ग्रफाइटला पण मागणी असतेच. विशेषतः अणू ऊर्जा उत्पादनाच्या तंत्रामध्ये ग्रफाइट फार मोठ्या प्रमाणावर लागते. ही गरज पेट्रोलिअम कोकपासून बनविण्यात येणाऱ्या कृत्रिम ग्रफाइटने भागते. असे हे पेट्रोलिअम कोकचे बहुविध उपयोग आहेत.

भारतामध्ये अशा ह्या महत्त्वाच्या द्रव्याची निर्मिती कोठे व किती होते ते पाहू. आसाममध्ये नूरमती (गौहतीजवळ) मेसर्स इंडिया कार्बन लिमिटेड ही कंपनी व बिहारमधील बरौणी येथे ' इंडिया ऑइल कार्पोरेशन ' अशा दोन कंपन्या पेट्रोलिअम कोकचे उत्पादन करतात. ह्या दोन कंपन्यांचे एकत्रित उत्पादन दरसाल १३५ हजार टन एवढे होते. ह्याशिवाय दक्षिण भारतामध्ये आणखी एक कारखाना निघणार आहे. १९७१-७२ साली भारतामध्ये १८१ हजार टन अल्युमिनिअमचे उत्पादन झाले. ह्या पुढील काळामध्ये ते सतत वाढणार आहे. भारतामध्ये ह्यावरून पेट्रोलिअम कोकची केवढी गरज आहे हे ध्यानात येईल.

मेसर्स इंडिया कार्बन लि. ह्या कंपनीची स्थापना १९६१ साली झाली. दरसाल ३०,५०० टन एवढे उत्पादन १९६२ सालापासून सुरू झाले. ह्या कंपनीचे उत्पादन आता ७५ हजार टनांपर्यंत वाढविण्यात आले आहे. ह्या कंपनीला अमेरिकेच्या मेसर्स ग्रेट लेक्स कार्बन कार्पोरेशन ह्यांचे तांत्रिक सहकार्य लाभले आहे. कंपनीला लागणारा अशुद्ध कोक दिग्बोई व गौहती येथील तेलशुद्धी करणाऱ्या कारखान्यांतून मिळतो.

इंडियन ऑइल कॉर्पोरेशनने बरौणी येथे १९७१ सालापासून ४० हजार टन उत्पादन सुरू केले आहे. कार्पोरेशनला लागणारा कच्चा माल म्हणजे अशुद्ध कोक बिहार व आसाम येथील तेलशुद्धीकरण कारखान्यांतून मिळतो.

इंडियन ऑइल कॉर्पोरेशन, बरौणी येथील कारखान्याची उभारणी करण्यासाठी परदेशी तांत्रिक सहाय्य घेतलेले नाही. ' इंजिनिअर्स इंडिया लिमिटेड ' ह्या भारतीय कंपनीच्या तंत्रज्ञांनी सबंध कारखान्याची उत्पादन अवस्थेपर्यंतची आखणी व उभारणी केली हे उल्लेखनीय आहे.

□ □



प्रकरण आठ

भारत आणि खनिज तेल

स्वातंत्र्यपूर्व काळ

Well No. 1	(तेल) विहीर क्र. १
Started drilling	खोदकामाचा आरंभ
in September 1889	सप्टेंबर १८८९ मध्ये
Completed–November 1890	खोदकाम पूर्ण–नोव्हेंबर १८९०
Final Depth 662 feet	विहिरीची खोली ६६२ फूट

भारताची ही पहिली तेलाची विहीर. विहिरीवर लावलेली ही पाटी भारतीय तेल उद्योगाच्या शुभारंभाची दर्शक आहे.

खनिज तेलासाठीच मुद्दाम विहीर खोदण्याचा इतिहास तसा फार जुना नाही. १८५९ साली प्रथमतः जगामध्ये पेनसिल्वानियामधील टायटसविल ह्या गावी कर्नल ड्रेक ह्यानी तेलासाठी विहीर खोदली हे पूर्वीच आलेले आहे. खनिज तेल हे द्रवरूप उपयुक्त द्रव्य आहे व त्याचा उपयोग प्रकाशासाठी दिव्यामध्ये व घर्षण टाळण्यासाठी वंगण म्हणून होत असल्यामुळे ह्या भूमिगत द्रव्याकडे जगभर लोकांचे लक्ष वेधले असल्यास आश्चर्य नाही. अमेरिकेमध्ये तेलाच्या खाणी आहेत तशाच खाणी इतरत्रही का असू नयेत असे प्रश्न लोकांच्या मनामध्ये घोळू लागले, हे अगदी स्वाभाविक असेच आहे. भूशास्त्रदृष्ट्या कोणती जागा तेलाच्या खाणीसाठी सुयोग्य आहे ह्याची शास्त्रीय चिकित्सा होऊ लागली. भारतामध्ये त्या दृष्टीने प्रयत्न झाले ते १८८९ साली. कर्नल ड्रेकच्या पहिल्या यशस्वी प्रयोगानंतर केवळ ३० वर्षांनी भारतामध्ये खनिज तेलासाठी विहीर खोदली जावी ही घटना भारताच्या तेल उद्योगाच्या इतिहासामध्ये अगदीच नगण्य नाही.

आसाम रेल्वे व ट्रेडिंग कंपनीने दिग्बोईजवळ पहिली तेल विहीर खोदली. त्यानंतर आणखी तेल विहिरी खोदून आसाममध्यें तेलक्षेत्र निर्माण झाले. तेलाचा शोध लागला तरी खनिज तेलाचा प्रत्यक्ष उपयोग करता येत नसल्यामुळे तेलाच्या शुद्धीकरणाची गरज असते. त्याप्रमाणे १८९३ साली मार्गेरिटा ह्या स्टेशनाजवळ तेलशुद्धीकरणासाठी एक छोटासा कारखाना सुरू करण्यात आला. भारतातील हाच पहिला तेलशुद्धीकरण कारखाना. परंतु हा कारखाना १९०० सालापूर्वीच बंद पडला.

आसाम ऑइल कंपनी ह्या स्वतंत्र कंपनीची इंग्लंडमध्ये स्थापना होऊन, त्या कंपनीने आसाम रेल्वे व ट्रेडिंग कंपनीकडून खनिज तेलविषयक सर्व हक्क व अधिकार विकत घेतले. त्यांनी वरच्या आसाममध्ये नवीन नवीन तेल क्षेत्रांचा शोध लावून, उपलब्ध होणाऱ्या तेलाच्या शुद्धीकरणासाठी दिग्बोई येथे प्रथमच पूर्णाकृती तेलशुद्धीकरण कारखान्याची उभारणी केली ती १९०१ च्या सुमाराला. स्वातंत्र्यपूर्व काळात व नंतरही काही वर्षे दिग्बोई येथील कारखाना हा एकमेव कारखाना भारतामध्ये शुद्धीकृत तेल प्रकार निर्माण करीत असे.

१८८९ ते १९४७ ह्या कालखंडामध्ये आसामव्यतिरिक्त इतर प्रांतांमध्ये खनिज तेल सापडेल असा भरवसा ब्रिटिश सरकारला वाटत नव्हता. खरे म्हणजे त्या दृष्टीने सरकारी प्रयत्नही झाले नाहीत. ब्रिटिश सरकारच्या ह्या अनास्थेमागे बरीच कारणे असू शकतील. परंतु त्यापैकी प्रमुख म्हणजे ब्रिटिश तेल कंपन्यांकडून भारतामध्ये मोठ्या प्रमाणावर शुद्धिकृत तेल पदार्थांची आयात होत होती. त्या कंपन्यांच्या व्यापारी हितसंबंधांना विरोधी असे काही करण्याची ब्रिटिश सरकारची इच्छा नव्हती. ब्रिटिश सरकारने त्यामुळे स्वतः होऊन ह्या क्षेत्रामध्ये काहीच प्रयत्न केले नाहीत. एवढेच नव्हे तर ज्या ठिकाणी प्रयत्न झाले त्या ठिकाणी ब्रिटिश सरकारने विरोध केला किंवा बुद्धिपुरःसर अडथळे आणले. नवीन तेलक्षेत्रे शोधण्यासाठी कसलाच योजनापूर्ण प्रयत्न झाला नाही. ब्रिटिश व्यापारी कंपन्यांच्या फायद्यासाठी त्यावेळचे ब्रिटिश सरकार भारताच्या उद्योग विकासा-बद्दल किती बेफिकीर बनू शकते ह्याचा अनुभव आला. ह्यासंबंधात १–२ गोष्टींचा निर्देश केला तरी पुरे होईल.

भारतामध्ये १८८९ सालापूर्वी बरीच वर्षे तेलाचा शोध अनपेक्षितपणे लागला होता. कोळशासाठी खाणी खणत असताना कोळशाऐवजी तेल लागले. खाण मालकांची तेव्हा थोडी निराशाच झाली. खनिज तेलाचे महत्त्व व त्याचा उपयोग करण्याचे तंत्र विशेष परिचित नसल्यामुळे खाणीचे काम स्थगित करण्यात आले. १८६७ साली भूशास्त्रीय सर्वेक्षण मंडळाला (Geological Survey of India) आसाममध्ये तेल असल्याचे आढळून आले. तथापि त्यावेळच्या ब्रिटिश राजवटीने स्वत: तर नाहीच, परंतु एकाद्या तेल कंपनीच्या मार्फतही ह्या शोधाचा काहीच उपयोग करून घेतला नाही. तेलाचा शोध काही वर्षे तसाच धूळ खात पडला.

१८८२ साली दिब्रुगडपासून ७५ कि.मी. अंतरावरून आगगाडीचे रूळ घालण्याचे काम सुरू करण्यात आले. घनदाट अरण्यातून रूळ घालण्यासाठी झाडे तोडून व जमीन सपाट करून मार्ग तयार करण्याचे काम करणाऱ्या ठेके-दारांकडे एक हत्ती होता. दिवसाचे काम संपल्यावर तो हत्ती पाण्याच्या अपेक्षेने जवळपासच्या चिखलाच्या तळ्यामध्ये गेला. हत्ती परत आला तेव्हा त्याच्या पायावर तेलाचे ओघळ दिसू लागले. तेलाचा शोध लागला. भूपृष्ठाखाली जवळपास तेलाचा संभाव्य साठा असण्याची शक्यता हत्तीच्या जलक्रीडेमुळे स्पष्ट झाली. त्यानंतर मात्र तेल शोधण्यासाठी पद्धतशीर प्रयत्न करण्यात आले ते ह्या क्षेत्रामध्येच. १८८९ साली तेलासाठीच भारतामध्ये पहिली विहीर खोदण्यात आली ती ह्याच क्षेत्रात. त्याचे श्रेय आसाम रेल्वे व ट्रेडिंग कंपनी ह्या ब्रिटिश कंपनीला आहे. पुढे ह्या कंपनीचे तेलविषयक अधिकार आसाम ऑइल कंपनीने विकत घेतले. १९०१ साली दिग्बोई येथे तेलशुद्धीकरण कारखाना सुरू केला. १९०१ ते १९५४ ह्या एवढ्या कालामध्ये दिग्बोई येथील तेलशुद्धी-करण कारखाना हा एकच तेल कारखाना भारतामध्ये होता. त्यानंतरच्या काळामध्ये म्हणजे स्वातंत्र्योत्तर काळामध्ये भारतीय तेल उद्योगाच्या प्रगतीचा परिचय पुढे आलेला आहे.

ब्रिटिश सरकारच्या विशिष्ट राजकीय, आर्थिक व औद्योगिक धोरणामुळे दुसऱ्या एका तेलक्षेत्राची प्रगती अशीच अडकून पडली होती. प्रथमत: आसाम तेलक्षेत्राबाहेर भारतामध्ये दुसरे तेलक्षेत्र असण्याचा संभव नाही अशी काही

ब्रिटिश अधिकाऱ्यांनी आपली चुकीची समजूत करून घेतली होती. हा गैरसमज दूर करण्याचा प्रयत्न बडोदा संस्थानाधिपती सयाजीराव गायकवाड ह्यांनी केला. बडोदे संस्थानामध्ये तेल व नैसर्गिक वायू ह्यांच्या शोधासाठी (१९२१ ते १९२९) भूशास्त्रज्ञांच्या साहाय्याने काही विहिरी खोदण्यात आल्या. काही विहिरी आशादायी ठरल्या. परंतु ब्रिटिश सरकारच्या आडमुठ्या धोरणामुळे बडोद्याचे बहुमोल प्रयत्न सोडून द्यावे लागले. १९३४ सालानंतर खंबायत येथे एका खाजगी कंपनीच्या प्रयत्नांना व कच्छच्या महाराजांच्या प्रयत्नांना पण ब्रिटिश सरकारने दुसऱ्या महायुद्धाचे तंग वातावरण ह्या लंगड्या सबबीखाली ह्या प्रयत्नांना खो घातला. आपण त्यामुळे तेल उत्पादनाच्या क्षेत्रामध्ये १८९० साली जेथे होतो तेथेच १९५४ सालापर्यंत अगतिक होऊन राहिलो होतो.

भारतामध्ये तेल उद्योगाला १८९० साली सुरुवात झाली तरी त्यापूर्वी खनिज तेल, मट्टीका तेल, पारसिक तेल वगैरे नावाने ह्या तेलाशी भारताचा प्राचीन कालापासून परिचय होता असे आढळून येते. ११ व्या शतकातील काश्मीरी कवी ' बिल्लन ' ह्याने आपल्या ' बिक्रमानक देव चरितम् ' ह्या ग्रंथामध्ये पारसिक तेलाचा उल्लेख केलेला आहे. दक्षिण भारताचा इराणशी व्यापार असल्यामुळे कदाचित पारसिक (इराणी) तेलाची आयात होत असावी. दुसरा प्राचीन उल्लेख म्हणजे ' आर्यमंजुश्री मूलकल्प ' (५ व्या ते ११ व्या शतकामधील) ह्या ग्रंथामध्ये तुरुष्क तैल (म्हणजेच पारसिक तेल) ह्याचा. ह्या तेलाचा प्रमुख आकर्षक गुण म्हणजे शीघ्रज्वालाग्राहीत्व. ह्या तेलाला विशेष मागणी असण्याचे कारण हा गुण असावा. त्याशिवाय खनिज तेलामध्ये औषधी गुण आहेत अशी समजूत होती. अंग मालिश करण्यासाठी व वंगणाचे तेल म्हणूनही त्याचा वापर होत असावा. वर आलेले तेलाबद्दलचे उल्लेख मुख्यत: आयात केलेल्या तेलाबद्दलचे आहेत.

भारतामध्येच तेल आढळल्याचे उल्लेख जैन धर्मग्रंथामध्ये आहेत, ते मात्र जास्त अर्थपूर्ण वाटतात. ६ व्या शतकामध्ये एका जैन मुनीने सर्व भारतभर संचार करून त्याला आढळलेल्या विविध अजब वस्तूंची त्याने नोंद केल्याचे आढळते. त्यामध्ये राजस्थानच्या खडकाळ भागामध्ये ' मारु तैल ' आढळल्याचा उल्लेख आहे. शिवाय आज भारतामध्ये उत्तम तेल क्षेत्र म्हणून प्रसिद्ध असलेल्या

बडोदे व खंबायत ह्या भागातील 'तेलवा' नावाचे खेडेगाव किंवा पावनगडावर असलेला 'तेलिया तलाव' ही नावे अर्थवाही असण्याची शक्यता आता तरी नाकारता येणार नाही. प्राचीन काळापासून भारताचा खनिज तेलाशी असलेला संबंध हा असा आहे.

जुन्या मराठी वाङ्मयातील आगियेल, ज्ञानेश्वरी, रुक्मिणी स्वयंवर, शिशुपाल वध ह्या प्राचीन मराठी ग्रंथांमध्ये 'आगियेल' 'आगिएल' हे शब्द आले आहेत. ह्या शब्दांचा नेमका अर्थ काय आहे ह्याबद्दल विद्वान संशोधकांमध्ये एकमत नाही. परंतु काश्मीरी कवी बिल्हण ह्याने वापरलेला पारसिक तेल व आगियेल ही एकच आहेत. हा प्रसिद्ध संशोधक श्री. देवीप्रसाद चौहान (इतिहास आणि संस्कृति, ऑक्टोबर १९७४, पृष्ठ १५) ह्यांचा निष्कर्ष व आगियेल म्हणजे अग्नि + तेल ही त्यांची उपपत्ति तर्कशुद्ध असल्याने ग्राह्य होण्यासारखी आहे.

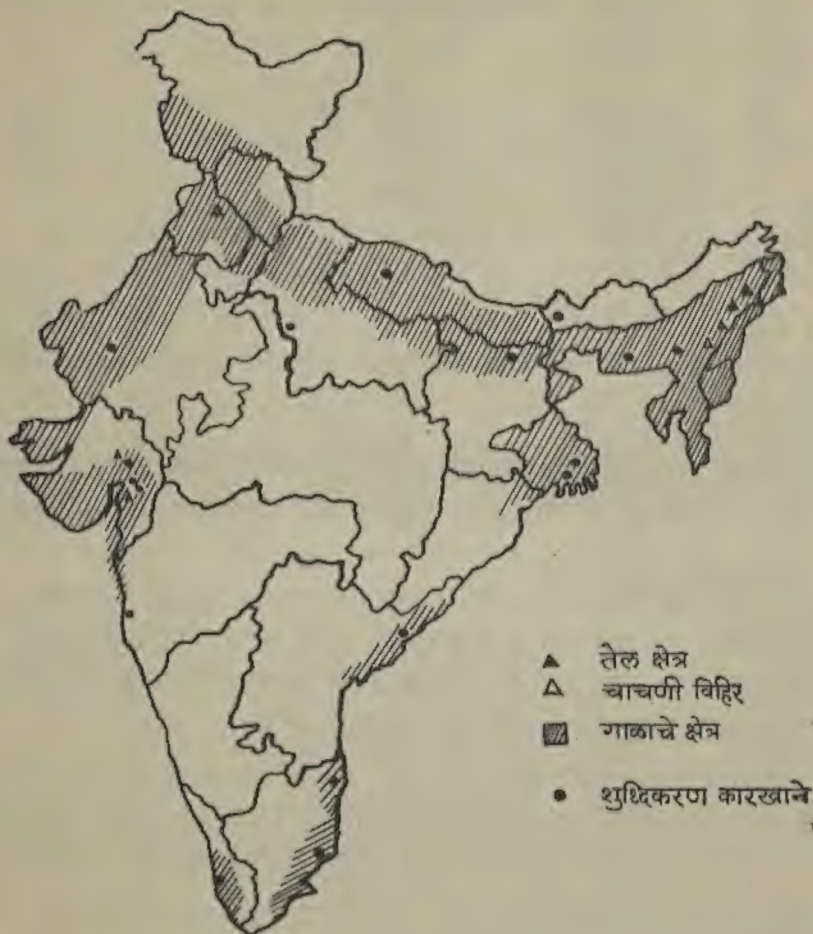
वनस्पतिजन्य तेले ही ज्वालाग्राही नाहीत. ती पणती, समईसारख्या उघड्या दिव्यांमध्ये वापरता येतात. परंतु केरोसीनसाठी (म्हणजेच पारसिक तेल) बंद तोंडाचा दिवा लागतो. त्या तेलाचे ज्वालाग्राही स्वरूप हेच त्याचे कारण. ज्वालाग्राही तेले आपल्याकडे नव्हती म्हणून पारसिक तेलासारखे तेल आपल्याकडे परदेशातून केवळ अजब किंवा कुतूहलजनक पदार्थ म्हणून आयात होत असावा. ह्या परकी तेलाचा अग्निशी संबंध येताच भडका उडतो हे वैशिष्ट्य दाखविण्यासाठी आगियेल, आगीएल वगैरे शब्द रूढ झाले असावेत.

अर्थातच प्राचीनकाळी इराणमध्ये किंवा अन्यत्र आढळणारे तेलाचे उल्लेख हे साधारणत: पृष्ठभागावर झिरपून आलेल्या तेलाचे असावेत. खनिज तेलासाठी खोल विहिरी खोदणे व तेथून तेल बाहेर काढणे हे मात्र आधुनिक तंत्र आहे.

स्वातंत्र्योत्तर भारत

भारताला १९४७ साली स्वातंत्र्य मिळाले. त्यावेळी भारतामध्ये खनिज तेलाचे उत्पादन फक्त वरच्या आसाममध्ये दिग्बोई तेल क्षेत्रामध्ये होत असे. दिग्बोई तेल कारखाना त्या तेलाचे शुद्धीकरण करून भारताच्या गरजेचा फक्त ७ टक्के भाग पुरवीत असे. उरलेला भाग आयात करून भरून काढावा लागे.

भारताचा तेल नकाशा



चित्र ८.१

स्वातंत्र्योत्तर काळामध्ये भारताचे औद्योगीकरण वाढत्या प्रमाणावर करण्यासाठी तेलपदार्थांची गरज सारखी वाढत राहणार हे स्पष्टच आहे. ह्या तेलपदार्थांच्या आयातीसाठी शेकडो कोटी रुपये परकीय चलनामध्ये खर्च करावे

लागले असते. म्हणजेच तेलाच्या किमतीमुळे भारताच्या औद्योगीकरणावर फार मोठ्या मर्यादा पडल्या असत्या.

शिवाय तेलाच्या खाणींचे संशोधन तंत्र व तेल शुद्धीकरणाचे आधुनिक तंत्र ही सर्व परदेशी तज्ञांच्या हाती होती. त्यासाठी लागणारे शास्त्रीय ज्ञान, तंत्रज्ञान, अभियांत्रिकी, व्यवस्थापन व मालाचे वितरण ह्या साऱ्याच गोष्टी परक्यांच्या हाती होत्या. भारतीयांना हे उद्योगक्षेत्र बरेचसे अनोळखी व नवीन असे होते. भारताच्या औद्योगिक प्रगतीसाठी भारतीय शास्त्रज्ञ, तंत्रज्ञ, अभियंते, कुशल व्यवस्थापक वगैरे अधिकारी विशेष शिक्षण व अनुभव मिळवून तयार करण्याची पण गरज होती. ह्या दृष्टीने भारत सरकारने काही महत्त्वपूर्ण पावले उचलली.

शुद्धीकृत तेलपदार्थ भारतामध्ये बाहेरून आयात करण्याऐवजी परकीय तेल कंपन्यांना अशुद्ध खनिज तेल आयात करून त्याचे शुद्धीकरण येथेच करण्यासाठी भारताने प्रोत्साहन दिले. त्यामुळे भारतामध्ये तेलशुद्धीकरण कारखाने निघाले आणि साधारणपणे भारताची तेलपदार्थांची गरज भागू लागली. अशा कारखान्यांमध्ये भारतीय शास्त्रज्ञ, तंत्रज्ञ ह्यांना अनुभव व प्रशिक्षण मिळावे हा त्यामागील एक हेतू होताच. तरीपण खनिज तेल आयात करण्यामध्ये बरेच कोटी रुपये खर्च येतो. ह्यामधून मार्ग म्हणजे भारतामध्येच नवीन नवीन तेल क्षेत्रांचे संशोधन करून खनिज तेलाचे उत्पादन शक्य तेवढे वाढविणे. परकीय तेल कंपन्यांचे तेल व्यवसायामध्ये इतरत्र हितसंबंध गुंतलेले असल्यामुळे त्यांनी आसाम राज्याबाहेर तेल संशोधन करण्यामध्ये कधीच रस घेतला नाही.

(१) **आसाम ऑइल कंपनी.**—भारत सरकारने आसाममधील काही मर्यादित क्षेत्रांमध्ये संभाव्य तेलसाठ्याचे संशोधन करण्यासाठी आसाम ऑइल कंपनी ह्या जुन्या कंपनीला परवाना दिला. ह्या कंपनीची व्यापारी व तांत्रिक व्यवस्थापनाची सूत्रे १९२१ साली बर्मा ऑइल कंपनीकडे गेली. ह्या कंपनी-मार्फतच दिग्बोई तेलक्षेत्र व तेथील तेलशुद्धीकरण कारखाना ह्यांची व्यवस्था चालते. १९५५ साली ह्या क्षेत्रातून २ लक्ष ७२ हजार टन खनिज तेल निघाले. परंतु तेलाचे उत्पादन आता थोडे थोडे घटत आहे. १९७० साली हेच उत्पादन १ लक्ष टनांवर आले आहे. ह्याच क्षेत्रातील नैसर्गिक वायूचे उत्पादन १९७० साली १३४ दशलक्ष घनमीटर एवढे झाले. तेलाच्या विहिरींमध्ये अखंड तेल-

संचय नसतो. काही वर्षांनंतर विहिरी कोरड्या पडतात. त्यानंतर दुसरी तेलक्षेत्रे शोधून काढावी लागतात. कंपनीकडून अलिकडे तेल उत्पादन फारच थोडे होते. तरीपण ती कंपनी भारतामध्ये सर्वांत जुनी आहे व गेली ७५ वर्षे आधुनिक शास्त्रीय तंत्रे वापरून तेल संशोधन करीत आहे. आरंभी ह्याच ठिकाणी भारतातील काही तेल तंत्रज्ञांना प्रशिक्षण व तेल उत्पादनाचा काही अनुभव मिळाला.

(२) **ऑईल इंडिया लिमिटेड.**—ह्या कंपनीची स्थापना १९६१ साली झाली. बर्मा ऑइल कंपनी व भारत सरकार ह्यांची ह्या कंपनीमध्ये निमोनिम (५० : ५०) भागीदारी आहे. वरच्या आसाममधील काही मर्यादित क्षेत्रामध्ये तेलाचे समन्वेषण करणे व तेलाचे उत्पादन करणे आणि ते तेल नंतर तीन तेलशुद्धीकरण कारखान्यांना कित्येक कि.मी. लांबीच्या नलवाहिन्यांनी पुरविणे हे ह्या कंपनीचे कार्य आहे. तीन तेलशुद्धीकरण कारखाने म्हणजे गौहत्ती (आसाम), बरौणी (बिहार) येथील सरकारी क्षेत्रातील कारखाने व दिग्बोई (आसाम) येथील खाजगी क्षेत्रातील कारखाना हे होत.

भारताच्या ईशान्य भागात १२००–१३०० चौरस कि.मी. एवढे क्षेत्र समन्वेषणासाठी व तेल उत्पादनासाठी ह्या कंपनीला देण्यात आले आहे. १९७० साली ह्या कंपनीने ३ दशलक्ष टन तेल व ५४.७७ दशलक्ष घनमीटर नैसर्गिक वायू एवढे उत्पादन केले.

आसाम राज्याच्या बाहेर तेल शोधण्याचे पद्धतशीर प्रयत्न प्रथम करण्यात आले ते पश्चिम बंगालमधील खोऱ्यामध्ये. ह्या खोऱ्यामध्ये स्टॅंडर्ड व्हॅक्युम ऑइल कंपनीने १९४९ साली समन्वेषण (exploration) करण्यास सुरवात केली. पुढे ह्या कंपनीमध्ये भारत सरकार एक भागीदार म्हणून सामील झाले. त्यांच्या ह्या समन्वेषणाच्या प्रकल्पाला 'इंडो-स्टॅनबॅक पेट्रोलिअम प्रोजेक्ट' असे नाव देण्यात आले. ह्या प्रकल्पाने १९४९ ते १९५९ पर्यंत दहा वर्षे पश्चिम बंगालच्या खोऱ्यामध्ये भूशास्त्रीय व भूभौतिक शास्त्रीय सर्वेक्षण करून बरीच माहिती मिळविली. परंतु खोऱ्यामध्ये अपेक्षेप्रमाणे तेल सापडले नाही. तो प्रकल्प१९५९ साली सोडून देण्यात आला. पुढे केव्हा तरी ह्या विभागावर जास्त लक्ष देणे शक्य होईल.

(३) **तेल व नैसर्गिक वायू आयोग.**—आसाम व पश्चिम बंगाल ह्या राज्यांशिवाय इतर राज्यांमध्येही तेलासाठी सर्वेक्षण करण्याची जरूरी भारत सरकारला

पटली. त्यातून १९५५ साली तेल व नैसर्गिक वायू विभाग सुरू करण्यात आला. विभागाच्या कार्याचे महत्त्व लक्षात घेऊन विभागाचा दर्जा व कार्यक्षमता वाढविण्यासाठी पार्लमेंटने कायदा करून १९५९ साली ' तेल व नैसर्गिक वायू आयोग ' (ओ.एन.जी.सी.) नावाच्या स्वायत्त आयोगाची स्थापना करण्यात आली. ह्यालाच लिहिण्याच्या सोयीसाठी ' तेल आयोग ' असे आटोपशीर नाव देण्यात येईल. ह्या आयोगाचे कार्यक्षेत्र म्हणजे आसाम ऑइल कंपनी व ऑइल इंडिया लिमिटेड ह्यांना परवाना देण्यात आलेली आसाममधील तेलक्षेत्रे वगळून उर्वरित आसाम व इतर सर्व राज्ये एवढे व्यापक आहे.

तेल आयोगाची कार्ये पुढीलप्रमाणे आहेत :—

(१) भारतातील खनिज तेलाच्या विकासाच्या दृष्टीने कार्यक्रमाचे आयोजन, प्रवर्तन, संघटन व कार्यान्वयन करणे;
(२) खनिज तेल व शुद्धीकृत तेलपदार्थांचे उत्पादन व विक्री;
(३) भारत सरकारकडून वेळोवेळी आलेल्या आदेशानुरूप कार्य करणे.

तेल आयोगाचे मध्यवर्ती कार्यालय डेहराडून (उ. प्र.) येथे आहे. त्याचे भूशास्त्रीय, भूभौतिकशास्त्रीय व खोदकाम, उत्पादन व व्यवस्थापन वगैरे विभाग आहेत. तेल आयोगाच्या संस्थापनेपासून तेल व नैसर्गिक वायू ह्यांच्या-साठी समन्वेषक सर्वेक्षण (exploratory survey) चालू आहे. त्याचे कार्यक्षेत्र म्हणजे उत्तरेला लडाख व दक्षिणेला कन्याकुमारी असे आहे. ह्या क्षेत्रामध्ये जम्मू-काश्मीर, हिमाचल, हरियाना, पंजाब, उ. प्रदेश, बिहार, ओरिसा, आसाम, प. बंगाल, त्रिपूरा, नागालॅंड, गुजरात, कच्छ, मध्यप्रदेश, राजस्थान, तामिळनाडूमध्ये कावेरी खोरे, आंध्रप्रदेशामध्ये गोदावरी खोरे, केरळची किनारपट्टी आणि अंदमान व निकोबार बेटे ह्यांचा समावेश होतो.

एकूण भारतामध्ये गाळाच्या खडकाचा विस्तार १० लक्ष चौरस मैल आहे. गाळाच्या खडकामध्येच तेल किंवा वायू ह्यांचा संचय असतो. तेल शोधण्याच्या दृष्टीने त्यामुळे गाळाच्या खडकांचे समन्वेषक सर्वेक्षण करण्यात येते. ह्यापैकी जवळ जवळ २५ टक्के क्षेत्राचे सर्वेक्षण तेल आयोगाने केलेले आहे. त्याचप्रमाणे समुद्रकाठच्या जलबुडित भूपट्टीपैकी ४ लक्ष चौरस कि.मी. क्षेत्राचे संशोधन

करण्यात आलेले आहे. सर्वेक्षणामध्ये आढळून येणाऱ्या खडकांचे व जीवाश्मा (fossils) चे नमुने डेहराडून येथील प्रयोगशाळेमध्ये तज्ञांकडून तपासले जातात. निरनिराळ्या शाखांचे भूशास्त्रज्ञ व इतर तज्ञ ह्यांची पथके भारताच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत संचार करून उपयुक्त माहिती गोळा करीत आहेत. रशिया व रुमानिया येथील तज्ञांचे त्यांना उत्तम साहाय्य मिळत आहे. ह्या सहकार्यामुळे गुजरातमध्ये खोदलेल्या पुष्कळ विहिरी तेलदायी ठरल्या आहेत.

रशियामधील भूशास्त्र तज्ञांच्या मताप्रमाणे भारतामध्ये मुबलक तेल आहे. विशेषतः मद्रास, कँबे, मुंबई जवळील समुद्रकाठी जलबूड भूपट्टीमध्ये तेल असण्याचा दाट संभव आहे. युनेस्को ह्या संघटनेचे तेलतज्ञ एन. ए. कालिनिन (N. A. Kalinin) ह्यांच्या मताप्रमाणे कलकत्ता शहराखाली मोठे तेल व वायूक्षेत्र असण्याची बरीच शक्यता आहे. समुद्रकाठच्या जलबूडपट्टीमध्ये तेलाचे संशोधन व उत्पादन करण्याच्या कामी भारत सरकारशी सहकार्य करण्याची पुष्कळ परदेशी कंपन्यांनी उत्सुकता दाखविली आहे.

रशियाचे उद्योग खात्याचे उपमंत्री डी. ए. टकोव्ह (D. A. Takow) व रशियाचे तेलतज्ञ प्रा. एन. ए. कालिनिन ह्यानी मार्च १९७३ साली भारताला भेट दिली. त्यावेळी त्यांनी महत्त्वाच्या तेल क्षेत्राची पाहाणी करून भारतामध्ये तेल उत्पादन वाढण्यास बराच वाव असल्याचे सांगितले. प्रो. कालिनिन ह्यानी तर १९६४ सालच्या आंतरराष्ट्रीय जीऑलॉजिकल (भूशास्त्रीय) काँग्रेसमध्ये वाचलेल्या निबंधामध्ये भारतात तेलाचे उत्पादन ५० दशलक्ष टनांपर्यंत जाईल असा अंदाज व्यक्त केला होता.

भारताच्या तेलाचा संभाव्य साठा व तेलाचे प्रत्यक्ष उत्पादन ह्यामध्ये अनंत अडचणी येतात व तेलाचे उत्पादन मंदावते. तंत्रज्ञांचा व तेल तज्ञांचा तुटवडा, यंत्रे व उपकरणे बाहेरून मिळविणे खर्चाचे असते व ती वेळेवर मिळत नाहीत. तेल उत्पादनाचे तंत्रच मुळी एवढे अनिश्चित की कशाची केव्हाच खात्री नसते. भारताला तेलाच्या बाबतीत स्वयंपूर्णता मिळविण्यास त्यामुळे बराच कालावधी लागेल. भारताच्या औद्योगिक विकासाचा वेग असाच चालू राहिला तर व तो तसा चालू राहिला पाहिजे, तेलाची सारखी वाढती गरज पुरी करण्यासाठी तेलाची आयात काही प्रमाणात करावीच लागेल. परंतु तेल आयोगाच्या

कार्यामुळे त्याचे प्रमाण बरेच कमी होईल एवढेच. पुढे दिलेल्या माहितीवरून तेल आयोगाचे कार्य व त्याचे महत्त्वही ध्यानात येईल.

साऱ्या भारतामध्ये फेब्रुवारी १९७३ पर्यंत एकूण १०२ संभाव्य तेलभूरचनां-मध्ये प्रत्यक्ष खणून पहाता २५ भूरचनांमध्ये तेल लागले आणि ६ भूरचनांमध्ये वायू सापडला. ह्यावरून साधारणतः ३ भूरचनांपैकी १ भूरचनेमध्ये तेल किंवा वायू ही सापडली. यशाचे हे प्रमाण इतर देशांच्या अनुभवापेक्षा थोडे चांगलेच आहे. तेल आयोगाने सर्व भारतामध्ये मिळून एकूण १,००७ विहिरी खोदल्या. सर्व विहिरींच्या खोलीची बेरीज केल्यास ती २.०६ दशलक्ष मीटर एवढी होईल (१ मैल = १,६०९ मीटर). ह्यापैकी तेलदायी ५२७, वायू मिळणाऱ्या ७४ व २७२ विहिरी कोरड्या निघाल्या. बाकीच्या विहिरींची तपासणी किंवा दुरुस्ती चालू आहे. तेलदायी विहिरींपैकी ४१० गुजरातमध्ये आहेत, तर ११७ आसाममध्ये आहेत. तेल आयोगाच्या तेलक्षेत्रातून १९७३ पर्यंत २६.०८ दशलक्ष टन तेलाचे उत्पादन झाले. १९७२-७३ ह्या सालचे उत्पादन ४.१ दशलक्ष टन असून नैसर्गिक वायूचे उत्पादन ४४५ दशलक्ष घनमीटर आहे. तथापि तुलनेसाठी १९७० सालचे भारतीय तेल उत्पादन व आयात ह्यांची पुढील आकडेवारीसुद्धा बरीच उद्बोधक आहे.

कोष्टक क्र. ८.१ (वर्ष १९७०)

(दशलक्ष टन)

तेल आयोग	ऑईल इंडिया लि.	आसाम ऑईल कं.	एकूण उत्पादन	आयात
३.६३२	३.०७०	०.१०७	६.८०९	११.६७३

भारतीय तेल उत्पादनामध्ये तेल आयोगाचा वाटा ६० टक्के आहे व हे प्रमाण पुढे वाढत जाणार आहे.

समुद्रकाठच्या जलबूड भूपट्टीत तेल

भारताच्या किनारपट्ट्यावरील जलबूड जमिनीमध्ये (off shore) तेल संशोधनासाठी कँबेचे आखात, कच्छचे आखात, अरबीसमुद्र, मनारचे आखात, पाक सामुद्रधुनी (strait), कारोमान्डेल किनारपट्टी, केरळचा किनारा, पश्चिम बंगालचा नदीमुख प्रदेश (delta) येथे भूकंपीय (seismic) सर्वेक्षण करण्यात आले.

मार्च १९७० मध्ये खंबायतच्या (कॅम्बे) आखातातील 'अलिया बेट' ह्याच्याजवळ समुद्रात खोदकामाला सुरवात करण्यात आली. मार्च १९७१ मध्ये त्या ठिकाणी तेल लागले. तेथील तेलाचे व्यापारीदृष्टचा उत्पादन अजून व्हावयाचे आहे.

समुद्रबूड भूपट्टीतील तेल संशोधन व उत्पादन ह्यासाठी एक नवीनच तंत्र लागते. चिखलात रुतून बसलेल्या पायांवर उभारलेला एक मोठा प्लॅटफार्म लागतो. प्लॅटफार्मवर एक उंच सांगाडा व तेल उत्पादनासाठी लागणारी अवजड यंत्रे, उपकरणे, विद्युत उत्पादनाचे साहित्य ह्या सर्वांची व्यवस्था करावी लागते. तंत्रज्ञ, शास्त्रज्ञ, कुशल कामगार ह्यांची तेथे राहाण्याची सोय करावी लागते. अशी ही एक उत्खनन नौकाच असते. खरे म्हणजे ते एक छोटेसे बेट असते परदेशी तज्ञांचे ह्या कामी बरेच साहाय्य लाभले आहे.

दुसरा असाच प्रयोग मुंबईच्या वायव्येला १२० कि.मी. (७५ मैल) अंतरावर अरबी समुद्रामध्ये चालू झाला. अरबी समुद्रातील मुंबईनजिकचा हा सर्वात मोठा सर्वेक्षण टापू असून त्याचा विस्तार तारापूरपासून बसईपर्यंत आहे. त्याचे क्षेत्रफळ २,५०० चौरस कि.मी. एवढे आहे. मुंबईनजिकच्या पश्चिमेला 'सागरसम्राट' ने केलेल्या उत्खननाने फार मोठ्या अपेक्षा निर्माण केलेल्या आहेत. १९७५ साली १० एप्रिल रोजी भारताच्या पंतप्रधान श्रीमती इंदिरा गांधी ह्यांनी चवथ्या विहिरीतून (खोली १,५४० मी.) येणाऱ्या तेलाच्या नळाची चावी फिरवून तेल उत्पादनाचा मुहूर्त केला. भूशास्त्रीय सर्वेक्षणाप्रमाणे मुंबईच्या पश्चिमेच्या समुद्रबूड भू-पट्टीखाली २,५०० चौरस कि.मी. एवढ्या क्षेत्रामध्ये चुनखडीच्या खडकाचा थर आहे. अशाच प्रकारचा खडकाचा थर इराण व सौदीअरेबिया येथील तेल क्षेत्राखाली आढळतो. हा खडक चांगला सच्छिद्र असल्याने त्याचे तेल धारण करण्याचे सामर्थ्य उत्तमपैकी असते. त्यामुळेच मुंबईच्या समुद्रबूड भूपट्टी ह्या क्षेत्राबद्दल फार मोठ्या अपेक्षा निर्माण झाल्या आहेत. भूपृष्ठापेक्षा समुद्रबूड भूपट्टीमधील तेल विहिरी जास्त तेलदायी असल्याचा अनुभव सर्वत्र येतो. सागरसम्राट ह्या तेल उत्पादक तरल्या मंचाची बांधणी जपानमधील 'मित्सुबिशी' (Mitsubishi) ह्या कंपनीने केलेली आहे. तेल विहिरी उत्खननाच्या कामी परदेशी तज्ञांचे साहाय्य भारताला लाभले

आहे. सागरसम्राटला १२–१३ कोटी रुपये एवढी किंमत द्यावी लागली. सागरसम्राटला कार्य करीत ठेवावयाचे तर दररोज दीड लाख रुपये खर्च येतो. सामान्यपणे एका तेल विहिरीच्या उत्खननासाठी दीड कोटी रुपये खर्च येतो अशी माहिती प्रसिद्ध झाली आहे. सागरसम्राटचे वजन ९,००० टन असून त्याला प्रत्येकी ११४ मी. (३७३ फूट) लांबीचे त्रिकोणी पाय असून ते समुद्र तळामध्ये रुतून स्थिर होतात. ह्या पायांना खालीवर करता येते. सागरसम्राटची लांबी ८४ मी. असून रुंदी ४० मी. आहे. त्यावर ७५ माणसांची राहण्याची सोय आहे. त्यावर हेलिकॉप्टर उतरण्याची पण व्यवस्था आहे. लवकरच सागर-सम्राटच्या मदतीला आणखी दोन तरंगते मंच परदेशातून येणार असून मुंबई-नजिकच्या उथळ समुद्रामध्ये तेल विहिरी उत्खननाचे कार्य सुरू करणार आहेत. ह्या क्षेत्रातील तेल विहिरींच्या आशादायी उत्पादनक्षमतेमुळेच १९८० साली भारत तेलाच्या बाबतीत स्वयंपूर्ण होईल अशी अपेक्षा सरकारी गोटातून व्यक्त करण्यात येत आहे.

मुंबईजवळ तेलाचा शोध लागणे ह्याला एका निराळ्या संदर्भात मोठे महत्त्व प्राप्त झाले आहे. ह्या आशादायी घटनेचा प्रतिसाद समुद्रकाठच्या इतर क्षेत्रात उमटल्याशिवाय राहणार नाही. इतरत्र तेल संशोधन व उत्पादन ह्यांना प्रोत्साहन तर मिळेलच, शिवाय परकीय तेलकंपन्यांकडून आर्थिक व तांत्रिक सहकार्य मिळण्यास फार मोठी अनुकूल परिस्थिती निर्माण होईल असे वाटते.

तेल आयोगाचा अभिनव उपक्रम

तेल व नैसर्गिक वायू आयोगाने १९६५ साली एक नवीन उपक्रम हाती घेतला. खरे म्हणजे चालून आलेल्या संधीचा तेल आयोगाने उत्तमप्रकारे उपयोग करून घेतला. ह्या उपक्रमाने आयोगाने दोन गोष्टी साधल्या. एक म्हणजे भारताबाहेर जाऊन इराणच्या आखातामध्ये तेल संशोधन व उत्पादन करणे. ह्यामध्ये इतर दोन कंपन्यांच्या सहकार्याने भाग घेतला. दुसरी गोष्ट म्हणजे समुद्रबूड भूपट्टीमध्ये तेल संशोधनाच्या नवीन तंत्रांचा मौलिक अनुभव व तंत्रज्ञान ही मिळविली.

इराणच्या आखातात इराणच्या किनाऱ्यावरील समुद्रबूड भूपट्टीमध्ये तेलाचे संशोधन व उत्पादन करण्याचा परवाना इराण सरकारने काही अटींव : तिऱ्हाइत

कंपन्यांना देण्याचे ठरविले आहे. ह्याचा फायदा भारताला मिळाला. ई.एन.आय. (E.N.I.) ही एक इटालियन कंपनी, अमेरिकेची फिलिप्स पेट्रोलिअम कंपनी व भारताच्या तेल आयोगाचा (ओ.एन.जी.सी.) "दी हायड्रो कार्बन इंडिया प्रायव्हेट लि." हा पोट विभाग, ह्या तीन संघटनांनी नॅशनल इराणियन ऑईल कंपनीबरोबर १९६५ साली एक करार केला. ह्या कराराप्रमाणे ह्या सर्व संघटनांची 'इमिनोको' (IMINOCO) (म्हणजे इराणियन मरीन इन्टर-नॅशनल ऑइल कंपनी ह्याची आद्याक्षरे) ह्या नावाची नवीन कंपनी अस्तित्वात आली. ह्या नवीन कंपनीमध्ये इराण तेल कंपनीची ५० टक्के भागीदारी राहणार असून बाहेरच्या ह्या तीन कंपन्यांना मिळून ५० टक्के भागीदारी लाभली. त्याची विभागणी समप्रमाणात असल्याने भारताला सर्व व्यवहारामध्ये सहावा हिस्सा मिळाला. इमिनोको ह्या नवीन कंपनीला ७,९६० चौरस कि. मीटर एवढ्या एकूण क्षेत्रफळाच्या चार विभागांमध्ये तेल संशोधन व तेल उत्पादन ह्यांचे हक्क देण्यात आलेले आहेत.

इमिनोकोची १९६५ साली स्थापना झाल्यानंतर त्या क्षेत्रातील ७ भूशास्त्रीय रचनांमध्ये विहीर खोदकाम सुरू झाले. समन्वेषक (exploratory) विहिरी खोदल्यावर ह्या ७ भूशास्त्रीय रचनांपैकी ६ रचना निष्फळ ठरल्या. परंतु एक रचना आर. रचना (R. structure) फलदायी ठरली. तेलाचे उत्पादन १९६९ साली सुरू झाले. एप्रिल १९७१ पर्यंत ३,३२,३१,००० बॅरल म्हणजे अंदाजे ४५ लक्ष मेट्रिक टन तेल निघाले. त्यामध्ये भारताला सहाव्या हिश्शाच्या ७-८ लक्ष टन तेलाची प्राप्ती झाली. ह्या कालामध्ये 'इमिनोको' ने १७ कि.मी. अंतरावर दुसऱ्या एका रचनेमध्ये समन्वेषक विहिरी खोदून ह्या तेलाचा शोध लावला आहे. अशी ही नवीन उपयुक्त उपक्रमाची आशादायी प्रगती आहे.

तेल आयोगाच्या पुढील योजना

तेल संशोधन व उत्पादन ह्यांचे कार्यक्षेत्र सारखे विस्तारत जात आहे. १९७२-७३ साली तेलाचे उत्पादन ४.१ दशलक्ष टन आहे ते उत्पादन पुढील ५ वर्षांत दरसाल ८ दशलक्ष टनांपर्यंत न्यावयाचे व त्यापुढील ५ वर्षानंतर १९८२–८३ साली दरसाल १३ लक्ष टनांचे उद्दिष्ट गाठावयाच्या योजना सध्या विचाराधीन

आहेत. तेलाच्या बाबतीत भारत स्वयंपूर्ण होण्याची चिन्हे नजिकच्या भविष्य-काळात दिसत नसली तरी परावलंबन बरेच कमी होणे निदान विशेष वाढू न देणे एवढे कार्य तेल आयोगाकडून पार पडत आहे.

भारतातील तेल शुद्धीकरण कारखाने

भारताच्या खनिज तेलाच्या खाणींच्या इतिहासाला १८९० साली आरंभ झाला. भारतातील पहिल्या तेलशुद्धीकरण कारखान्याची स्थापना १८९३ साली झाली. तथापि, तेलशुद्धीकरणाला विशेष जोर आला तो मात्र भारताला स्वातंत्र्य मिळाल्यानंतर.

आसाममध्ये मार्गेरिटा ह्या स्टेशनाजवळ आसाम रेल्वे व ट्रेडिंग कंपनीने तेलशुद्धीकरणाचा कारखाना १८९३ साली सुरू केला. तो १९०० सालापूर्वीच बंद पडला.

'आसाम ऑइल कंपनी' ह्या स्वतंत्र नवीन कंपनीने वरच्या आसाममध्ये तेलखाणीचा शोध लावून, त्या तेल क्षेत्रातील तेलाच्या शुद्धीकरणासाठी प्रथमच दिग्बोई येथे पूर्णाकृति कारखाना उभारला तो १९०१ सालच्या सुमाराला. ह्या कारखान्यामधून दरसाल ३-४ लक्ष टन तेलाचे शुद्धीकरण होत असे. १९५४ सालापर्यंत आसाम ऑईल कंपनीचा दिग्बोई येथील तेलशुद्धीकरण कारखाना हा एकच कारखाना भारतामध्ये असल्यामुळे शुद्धीकृत तेल पदार्थांची मोठ्या प्रमाणावर आयात करावी लागे.

भारताला स्वातंत्र्य मिळाल्यानंतर भारताची खनिज तेल पदार्थांची गरज भागविण्यासाठी नवीन तेलशुद्धीकरण कारखान्यांची उभारणी करण्याचे ठरले. ह्याच सुमाराला खनिज तेल सापडते तेथे तेलाचे शुद्धीकरण न करता ज्या ठिकाणी तैलपदार्थांची बाजारपेठ व मागणी असेल त्या ठिकाणीच सोयीच्या जागी तेलशुद्धी करणारे कारखाने काढावे असे नवीन धोरण बऱ्याच तेल कंपन्यांनी स्वीकारले होते. ह्यामुळे भारतामध्ये तैलपदार्थ विकणाऱ्या कंपन्यांनी भारत सरकारकडून आवश्यक तो परवाना व सहकार्य मिळवून नवीन कारखाने खाजगी क्षेत्रात काढले. ह्यादृष्टीने ट्रॉंबे (मुंबईयेथील) एस्सो स्टॅंडर्ड रिफायनिंग कंपनी ऑफ इंडिया लिमिटेड (ह्यालाच पूर्वी स्टॅंडर्ड वॅक्यूअम ऑइल कंपनी

असे नाव होते. ह्याच कंपनीची आता मालकी बदलल्याने त्याचे नवीन नाव 'हिंदुस्तान पेट्रोलिअम' असे आहे.) ह्या कंपनीने १९५१ साली नवीन तेल शुद्धीकरण कारखान्याची उभारणी सुरू केली. १९५४ साली ह्या कारखान्यातून शुद्धीकृत तैलपदार्थांचे उत्पादन होऊ लागले. ह्या कारखान्याला लागणारे अशुद्ध तेल सौदी अरेबियामधून येते. ह्या कंपनीची मालकी, तंत्रज्ञान व व्यवस्थापन हे बहुतांशी परदेशी होते. एस्सोच्या कारखान्याच्या उभारणीला १७.५ कोटी रुपये खर्च आला.

वरील कंपनीप्रमाणेच 'बर्मा शेल' कंपनीने ट्रॉंबे (मुंबई) येथे दुसरा तेल शुद्धीकरण कारखाना सुरू केला. १९५५ सालापासून ह्या कारखान्यामधून शुद्धीकृत तेल पदार्थ मिळू लागले. कारखान्याला लागणारे कच्चे तेल मध्यपूर्व व इंडोनेशिया ह्या भागातून आणण्यात येते. त्याचप्रमाणे गुजरातमधील नव्या खाणीतील अशुद्ध तेल पण ह्या कारखान्यातून शुद्ध होत असते. कारखान्यासाठी कंपनीला १९.५ कोटी रुपये खर्च आला.

कॅल्टेक्स कंपनीने भारताच्या पूर्व किनाऱ्यावर विशाखापट्टम येथे १९५७ साली शुद्धीकृत तैलपदार्थांच्या उत्पादनाला सुरुवात केली. ह्या कारखान्याला लागणारे खनिज तेल इराण व इंडोनेशिया येथील तैल क्षेत्रामधून मिळते. कारखान्याच्या उभारणीला १५ कोटी रुपये खर्च आला.

पाचवा तेलशुद्धीकरण कारखाना गौहत्ती (आसाम) येथे निघाला. सार्वजनिक (सरकारी) क्षेत्रातील हा पहिला कारखाना होय. ह्या कारखान्यामध्ये १९६२ साली तेलशुद्धीकरण सुरू झाले. कारखान्याची उभारणी रुमानिया सरकारच्या तांत्रिक व आर्थिक साहाय्याने करण्यात आली. कारखान्याला एकूण १८ कोटी रुपये खर्च आला. कारखान्यासाठी लागणारे खनिज तेल नाहोरकटिया व मोरान ह्या तेल क्षेत्रातून मिळते. शिवाय तेल आयोगाच्या (ओएनजीसी) आसाममधील रुद्रसागर व लक्वा ह्या तेल क्षेत्रातून पण खनिज तेल पुरविण्यात येते. ह्या कारखान्याची सूत्रे सरकारी मालकीच्या इंडियन ऑईल कार्पोरेशनकडे आहेत.

बिहार राज्यामध्ये बरौणी ह्या ठिकाणी सहावा तेलशुद्धीकरण कारखाना आहे. हा पण सार्वजनिक (सरकारी) क्षेत्रामधील कारखाना आहे. १९६४

सालापासून ह्या कारखान्यामधून शुद्धीकृत तेल पदार्थांचे उत्पादन होऊ लागले आहे. ह्या कारखान्यामध्ये पुढे वाढ होऊन १९६६-६७ पासून उत्पादनामध्ये आणखी वाढ झाली आहे. कारखान्याच्या उभारणीला रशियाकडून आर्थिक व तांत्रिक साहाय्य लाभले आहे. कारखान्याची सर्व सूत्रे इंडियन ऑइल कार्पो-रेशन (सरकारी मालकी) कडे आहेत.

सातवा कारखाना म्हणजे गुजरात रिफायनरी. बडोदे शहरापासून १० कि.मी. अंतरावर जवाहर नगर येथे ह्या तेलशुद्धीकरण कारखान्याची उभारणी झाली आहे. कारखान्याच्या उत्पादनाला १९६५ साली आरंभ झाला. कारखान्याच्या उभारणीला रशियाचे तांत्रिक सहकार्य लाभले. आरंभी हा कारखाना तेल आ ोगाच्या बतीने सुरू झाला. तरीपण पुढे त्याचे नियंत्रण इंडियन ऑइल कार्पोरेशनकडे देण्यात आले. गुजरातमधील तेल क्षेत्रामधून मिळणारे खनिज तेल ह्या कारखान्यामध्ये शुद्ध केले जाते.

कोचीन येथे आठवा कारखाना निघाला. ह्या तेल शुद्धीकरण कारखान्याला १९६६ सालापासून आरंभ झाला. कारखान्याची उभारणी भारत सरकार, अमेरिकेची फिलिप्स पेट्रोलिअम कंपनी व डंकन ब्रदर्स, कलकत्ता ह्यांच्या सह-कार्याने झाली. ह्या कामी एकूण खर्च २८.२५ कोटी रुपये झाला. कार-खान्यामध्ये भारत सरकारची ५२.४ टक्के भागीदारी असून, फिलिप्स पेट्रोलिअम कंपनीकडे २६.४ टक्के भाग आणि डंकन ब्रदर्स यांजकडे २ टक्के भाग आहे. उरलेले भांडवल केरळ सरकार, आयुर्विमा आयोग (एलआयसी) व काही व्यक्ती यांजकडून मिळालेले आहे. कारखान्यासाठी इराणमधून आगाजारी क्रूड तेल मिळते. ह्या कारखान्याकडून १९६८-६९ साली २.८ कोटी रुपयांचे २.५ लक्ष टन शुद्ध तेल पदार्थ परदेशी निर्यात करण्यात आले.

नववा कारखाना मद्रास येथे निघाला. ह्या कारखान्याची उभारणी भारत सरकार, इराणियन ऑइल कंपनी, इराण व अमेरिकेची अमोको (अमेरिकन इंटरनॅशनल ऑइल कंपनीचा उपविभाग), इंडिया ह्यांच्या सहकार्याने करण्यात आलेली आहे. कारखान्यामध्ये भारत सरकारचा ७४ टक्के भाग असून, दुसऱ्या दोन परदेशी भागीदारांचा प्रत्येकी १३ टक्के भाग आहे. कारखान्याच्या उभारणीला ४५ कोटी रुपये खर्च आला व त्याचे उत्पादन १९६९ सालच्या

सप्टेंबर महिन्यापासून सुरू झाले. कारखान्यासाठी लागणारे खनिज तेल इराणमधील 'डारिअस (Darius) ह्या तेल-क्षेत्रातून मिळते. मद्रास येथील कारखान्यातून १९६९-७० साली १५५ हजार टन नॅफ्था जपानला व ८ हजार टन फ्युएल ऑईल श्रीलंकेला (सीलोनला) निर्यात करण्यात आले. ह्याच काळामध्ये कारखान्यामध्ये २७ कोटी रुपये किंमतीचे उत्पादन झाले.

हालदिया (पश्चिम बंगाल) येथे लवकरच ६८ कोटी रुपये खर्च करून तेल शुद्धीकरण करणारा कारखाना निघणार आहे. ह्या कारखान्याच्या उभारणीचे काम फ्रेंच व रुमानियाच्या तंत्र विशारद कंपन्या व इंजिनिअर्स इंडिया ह्यांच्या सहकार्याने होणार आहे. ह्यासाठी लागणारे खनिज तेल इराणमधून मिळणार आहे. मथुरा (उत्तर प्रदेश) येथेही ६० लक्ष टन तेल शुद्ध करणारा मोठा कारखाना निघणार आहे. त्याचप्रमाणे आसाममध्ये बोंगायगाव येथे तसाच कारखाना लवकरच सुरू व्हावयाचा आहे. हे कारखाने सिद्ध झाल्यावर भारतामध्ये तेल शुद्धीकरण करणारे १२ कारखाने होतील.

१९७० साली निरनिराळ्या कारखान्यांतून निघालेल्या शुद्ध तेल विभागाचे उत्पादन. उत्पादनाचे आकडे दशलक्ष टनांचे आहेत.

कोष्टक क्र. ८.२

कारखान्याचे नाव	उत्पादन (द.ल.ट.)	कारखान्याचे नाव	उत्पादन (द.ल.ट.)
१ आसाम	०.४६३	६ बरौणी	१.८८९
२ एस्सो (हि. पे.)	२.२५५	७ गुजरात	३.१६९
३ बर्माशेल	३.४०८	८ कोचीन ..	२.२४०
४ कॅल्टेक्स	१.०८३	९ मद्रास	१.७५०
५ गौहत्ती	०.६८९		

ह्या ९ तेल शुद्धीकरण कारखान्यांमधून १९७० साली साधारण १९ दशलक्ष टन शुद्ध तेल प्रकार तयार झाले. त्यासाठी लागणाऱ्या खनिज तेलापैकी ६.८ दशलक्ष टन खनिज तेल भारतीय असून बाकीच्या तेलाची आयात मध्यपूर्व व इंडोनेशिया ह्या भागांतून करण्यात आली.

१९७० साली जगामध्ये एकूण ८३७ तेलशुद्धीकरणाचे कारखाने होते पण त्यापैकी भारतामध्ये अवघे नऊ. जागतिक उत्पादनाच्या मानाने भारताचे उत्पादन ०.८ टक्का एवढेच आहे.

आधुनिक शास्त्रीय व तांत्रिक स्वरूपाच्या कारखानदारीमध्ये प्रगत देशांनी केलेली आगेकूच नेत्रदीपक आहे. संशोधनाने व अनुभवाने कारखानदारीला आवश्यक ते अभियांत्रिकी नैपुण्य, सखोल तंत्रज्ञान, कार्यक्षम व्यवस्थापन व दृढ आत्मविश्वास ह्यामुळे हे देश औद्योगिक क्षेत्रामध्ये आघाडीवर आहेत, हे सहज समजण्यासारखे आहे. भारतामध्ये अशा ह्या आधुनिक व प्रचंड औद्योगिक क्षेत्रामध्ये लागणारे संशोधन, तांत्रिक कौशल्य व व्यवस्थापन ह्यांचा पूर्वानुभवही नसल्यामुळे भारताला आणखी काही वर्षे तरी परावलंबन अटळ आहे. परंतु ह्या कारखानदारीमधून अभियांत्रिकी तंत्रज्ञान व व्यवस्थापन ह्यांमध्ये मिळणारा अनुभव व होणारे संशोधन ह्यामधील आपली प्रगती ज्या प्रमाणात होत जाईल तसे आपण जास्त स्वावलंबी होऊ.

तेलशुद्धीकरण कारखान्यातून विविध तेलप्रकार बाहेर पडतात. त्यामध्ये गरजेप्रमाणे थोडाफार फेरबदल करता येतो. मद्रास तेलशुद्धीकरण कारखान्यामध्ये तयार होणारे विविध शुद्धीकृत तेलप्रकार व त्यांचे प्रमाण पुढील कोष्टकात दिलेले आहे.

कोष्टक क्र. ८.३

तेल प्रकार	वजन टन	तेल प्रकार	वजन टन
मोटार गॅसोलिन	१,१३,०००	ल्युब बेस स्टॉक ..	२,००,०००
द्रवभूत पेट्रोलिअम् गॅस ..	१०,०००	रिफायनरी फ्युएल ऑइल ..	१,२०,०००
नॅफ्था	२,९६,०००	रिफायनरी फ्युएल गॅस ..	५९,०००
केरोसीन (उत्तम)	३,४०,०००	ॲस्फाल्ट	८०,०००
ॲविएशन टर्बाइन फ्युएल ..	७०,०००	गंधक	१९,७००
हायस्पीड डिझेल तेल	५,१५,०००	एकूण	१८,२२,७००

औद्योगिकदृष्ट्या पुढारलेले देश व तुलनेने कमी पुढारलेले किंवा मागासलेले देश ह्यांच्या तेलपदार्थांच्या गरजा निरनिराळ्या असतात. उदाहरणार्थ भारतामध्ये पेट्रोलपेक्षा केरोसीन तेलाची गरज जास्त आहे तर अमेरिकेमध्ये

केरोसीनपेक्षा पेट्रोलच जास्त लागते. भारतातील ९ तेलशुद्धीकरण कारखान्यांत तयार होणाऱ्या तेलपदार्थांपैकी काही आपल्या गरजेपेक्षा जास्त आहेत तर काही कमी पडतात. म्हणून तर काही तेलप्रकारांची आयात करावी लागते. काही तैलप्रकार आपल्या गरजेपेक्षा जास्त तयार होत असल्याने त्यांची निर्यात करून काही परकीय चलन मिळविता येते. पुढील आकडेवारी १९७० सालची आहे.

कोष्टक क्र. ८.४

क्रूड तेल व शुद्ध तेलपदार्थ ह्यांची आयात

तैल प्रकार	वजन (हजार टन)	किमत (दशलक्ष रुपये)
क्रूड तेल	१,१६,७३	१,०२०.४६
केरोसीन (चांगले)	३,११	७३.००
फर्नेस ऑइल	३,५७	३०.१६
बेस ऑइल	१,७०	'११८.२७
पूरक द्रव्ये (additives)	१	४.९१
तयार ल्युब	९१	६२.९२
मेण	१	२.५८
एकूण ..	१२,५९,४०	१,३१२.३०

कोष्टक क्र. ८.५

१९७० साली भारतातून तैलपदार्थांची झालेली निर्यात

तैल प्रकार	वजन (हजार टन)	किमत (दशलक्ष रुपये)
मोटार गॅसोलिन	३७.६४	८.१७
नॅफ्था	३१५.५१	३८.२२
हायस्पीड डिझेल ऑइल	४५.७४	५.८३
ॲस्फाल्ट/बिटयुमेन	९.९१	२.७४
पॅराफिन वॅक्स (मेण)	३.३३	२.६७
परदेशी बोटी व विमाने ह्यांना तेल पुरविणे	२४३.४४	७२.०६
एकूण ..	६५५.५७	१२९.६९

भारतातील पेट्रोरसायने व इतर कार्बनी द्रव्ये

गेल्या २५ वर्षांत जगभर पेट्रोरसायने ह्यांना अनन्यसाधारण असे महत्त्व प्राप्त झाले आहे. एवढ्या अल्पकाळात पेट्रोरसायनांच्या उत्पादनात होणारी प्रचंड वाढ व त्यामधील विविधता ह्यामागील कारणे तरी कोणती ते पाहू. डांबर व साखर कारखान्यातील फुकट जाणारा मोलॅसिस वगैरेसारख्या जुन्या पद्धतीच्या कच्च्या मालाचा तुटवडा व त्यांची वाढती किंमत, खनिज तेलाच्या शुद्धीकरणामध्ये निघणारी, परंतु त्यांचा तेल व्यवसायामध्ये प्रत्यक्ष उपयोग करता येत नाही अशा काही अपद्रव्यांची निर्मिती, तेलाचे वाढते उत्पादन व त्याच्या शुद्धीकरणाचे फार मोठे प्रमाण, ह्यामुळे ही अपद्रव्ये फार स्वस्त व मुबलक मिळू शकतात. गेल्या २५ वर्षांत शास्त्रीय संशोधनामुळे, रसायनशास्त्र व रसायनतंत्रविद्या ह्या क्षेत्रामध्ये झपाट्याने झालेली प्रगती, सुखी व समृद्ध जीवनासाठी लागणाऱ्या विविध वस्तू, साधने, उपकरणे ह्यांच्या वाढत्या गरजा अशी ही विविध कारणे असू शकतील.

भारतामध्ये रासायनिक द्रव्यांचे व विशेषत: कार्बनी रसायनांचे उत्पादन फारच थोडे होते. त्यांची निर्मिती मुख्यत: डांबर व साखर कारखान्यातील निरुपयोगी काकवी वगैरेसारख्या कच्च्या द्रव्यांवर आधारलेली होती. हे उत्पादन फारच थोडे होते व त्यामध्ये विशेष विविधता नव्हती. बरीच कार्बनी रसायने मोठ्या प्रमाणावर आयात करावी लागत. आपल्या औद्योगिक विकासाला हा एक मोठा अडसरच होता.

मुंबईजवळ ट्रॉम्बे येथे १९५१ सालच्या सुमाराला दोन तेलशुद्धीकरण कारखाने काढण्याचे ठरले. पुढे ते कारखाने सुरू झाल्यावर, त्या कारखान्यांच्या उत्पादनामधून निघणाऱ्या अपद्रव्यांचा उपयोग करून भारतामध्ये पेट्रोरसायनांचे उत्पादन करता येईल का ह्याचा विचार सरकारी पातळीवर सुरू झाला. तिसऱ्या व चवथ्या पंचवार्षिक योजना काळामध्ये पेट्रोरसायनांचा विकास करण्याच्या दृष्टीने महत्त्वपूर्ण घटना म्हणजे १९५९ सालच्या अखेरीला रासायनिकी अभियांत्रिकी तज्ज्ञ व भारत सरकारचे प्रमुख औद्योगिक सल्लागार डॉ. गोविंद पांडुरंग काणे ह्यांच्या अध्यक्षतेखाली एक समिती नेमण्यात आली. डॉ. काणे ह्यांनी आपल्या समितीचा अहवाल १९६१ साली सादर केला. त्या

अहवालामध्ये चार पेट्रोरसायनांच्या उद्योग समूहांची भारतामध्ये उभारणी करावी अशी शिफारस केली. त्यापैकी एक उद्योग समूह मुंबईमध्येच खाजगी क्षेत्रामध्ये काढावा व इतर तीन सार्वजनिक क्षेत्रामध्ये, गुजरात, बरौणी व दक्षिण भारतामध्ये सोयीच्या ठिकाणी काढावे असे सुचविण्यात आले.

ह्या शिफारशी कार्यवाहीत आणण्यासाठी आर्थिक व तांत्रिक सहकार्य परकीय देशांकडून मिळविण्याची जरूरी होती. पेट्रोरसायनांच्या निर्मितीचे आधुनिक व अभिनव तंत्र एवढे प्रगत झालेले आहे की त्यासाठी लागणारे अनुभवी व कुशल तज्ञ भारतामध्ये तयार व्हावयाला काही वर्षे लागतील. तोपर्यंत परदेशी तंत्रज्ञांचे सहकार्य घेणे अटळ आहे. वरील शिफारशींच्या अनुरोधाने त्यांची अंमलबजावणी कोणत्या क्रमाने व कोणत्या टप्प्याटप्प्यांनी करावयाची ह्याचा व प्रत्येक टप्प्यामध्ये भांडवलाची उभारणी करणे, तांत्रिक सहकार्य मिळविणे, उत्पादनखर्चाचा अंदाज करणे, कच्च्या मालाचा पुरवठा करणे, वगैरे बाबींचा विचार करण्यासाठी फ्रेंच इन्स्टिटयूट ऑफ पेट्रोलिअम ह्या संस्थेचे प्रमुख व्ही. ई. हेनी (V. E. Henny) ह्यांच्या अध्यक्षतेखाली नेमलेल्या समितीने १९६३ साली आपला इतिवृत्तांत सादर केला. ह्याचा सांगोपांग विचार, योजना आयोगाच्या पेट्रोरसायने विषयक समितीने केला. त्यानंतर भारत सरकारने पेट्रोरसायन उद्योगांचा विकास घडविण्याच्या दृष्टीने पुढील निर्णय घेतला :—

(१) मूलभूत कार्बनी द्रव्ये व मध्यम द्रव्ये (intermediates) ह्यांच्या उत्पादनासाठी लागणारा कच्चा माल पुरविण्यासाठी नॅफ्थाभंजन भट्ट्यांची निरनिराळ्या ठिकाणी उभारणी करणे;

(२) हायड्रोकार्बने व वायू ह्यांचा पॉलिमर, प्लॅस्टिके, संश्लेषित रबर, निर्मलके, कीटकनाशके, कीडनाशके, संश्लेषित तंतू, काजळी वगैरे ह्यांच्या निर्मितीमध्ये उपयोग करणे;

(३) नॅफ्था व तदनुषंगिक वायू ह्यापासून नायट्रोजनयुक्त खतांचे उत्पादन करणे.

१. भारतामधील पेट्रोरसायनांच्या इतिहासाचे पहिले दशक नुकतेच पुरे होत आहे. पेट्रोरसायनांचा पहिला कारखाना काढण्यात आला तो एका

परदेशी कंपनीकडून 'युनियन कार्बाइड इंडिया लिमिटेड, कलकत्ता' ह्या कंपनीने मुंबई (चेंबूर) येथे हा कारखाना सुरू केला. अमेरिकेतील सुप्रसिद्ध 'युनियन कार्बाइड कॉर्पोरेशन'चा एक उपविभाग (subsidiary) म्हणून ही कंपनी स्थापन करण्यात आली. कंपनीमध्ये ६० टक्के भागीदारी अमेरिकेच्या कॉर्पोरेशनची आहे. ही कंपनी आरंभी इथिल आल्कोहोलपासून इथिलिन बनवीत असे. परंतु ट्रॉम्बे (मुंबई) येथे तेलशुद्धीकरण कारखाना निघाल्यावर कंपनीने पेट्रोलिअमपासून मिळणारी अपद्रव्ये वापरून इथिलिनचे उत्पादन सुरू केले.

१९६६ साली दरसाल ६० हजार टन नॅफ्थाभंजन करण्याची क्षमता असलेली अशी एक भट्टी सुरू करण्यात आली. ह्या कंपनीला लागणारे सारे तांत्रिक सहाय्य अमेरिकेच्या युनियन कार्बाइड कॉर्पोरेशनकडून मिळालेले आहे. ह्या कंपनीला लागणारा नॅफ्था एस्सोच्या तेलशुद्धीकरण कारखान्यातून मिळतो.

ह्या कंपनीला अनुज्ञप्ति असलेल्या प्रमुख उत्पादनाच्या निर्मितीची क्षमता पुढीलप्रमाणे आहे.

कोष्टक क्र. ८.६

प्रमुख उत्पादन द्रव्ये	अनुज्ञप्ति लाभलेली निर्मितीक्षमता (दरसाल)	प्रमुख उत्पादन द्रव्ये	अनुज्ञप्ति लाभलेली निर्मितीक्षमता (दरसाल)
	टन		टन
कमी घनतेचे पॉलिइथिलिन ..	१५,०००	इथिल ॲसिटेट ..	७००
ब्युटिल आल्कोहोल ..	३,०००	२-इथिल हेक्झेनॉल ..	१,६६०
ॲसिटिक ॲसिड ..	१,४००	डायोबिटलपथॅलेट ..	१,६००
ब्युटिल ॲसिटेट ..	२,७००		

शिवाय कोरड्या विजेऱ्यांसाठी (dry battery) लागणाऱ्या ॲसिटिलिन ब्लॅक ह्या कार्बनचीही निर्मिती होते. प्रॉपिलिन, बेन्झिन, ड्रायपोलिन ही रसायने दुसऱ्या कंपन्यांना फिनॉल, ॲसिटोन व कार्बन ब्लॅक (काजळी) ह्यांचे उत्पादन करण्यासाठी पुरविली जातात. पॉलिइथिलिन ह्या उत्पादनाची निर्मितीक्षमता २०,००० टनापर्यंत व बेन्झिनची १०,००० टनापर्यंत वाढविण्याची परवानगी मिळण्यासाठी केलेला कंपनीचा अर्ज भारत सरकारच्या विचाराधीन आहे.

युनियन कार्बाइड कंपनीचे १९७१ सालचे उत्पादन पुढील आकडेवारीने स्पष्ट होईल.

कोष्टक क्र. ८.७

उत्पादन वस्तू	उत्पादन (टन)	उत्पादन वस्तू	उत्पादन (टन)
पॉलिइथिलिन (कमी घ.) ..	१५,१०६	डायऑक्टिल पथॅलेट ..	५५६
अॅसेटिक अॅसिड ..	१,१७९	टालुइन ..	२,४७३
ब्युटिल आल्कोहोल ..	१,२११	प्रॉपिलिन ..	४,४७१
ब्युटिल अॅसिटेट ..	१,५८९	बेन्झिन ..	५,२२८
इथिल अॅसिटेट ..	१,४०१	झायलोलिन ..	५,४६३
२-इथिल हेक्झेनॉल ..	१,४५६		

कंपनीच्या एकूण उत्पादन वस्तूंच्या विक्रीची किंमत १६ कोटी १० लक्ष रुपये झाली.

२. नॅशनल ऑरगॅनिक केमिकल इंडस्ट्रीज लिमिटेड (नोसिल), मुंबई, ही पहिली भारतीय पण खाजगी क्षेत्रातील कंपनी होय. ह्या कंपनीची स्थापना १९६१ साली झाली. तिचे धुरीणत्व सुप्रसिद्ध मफतलाल उद्योग समूहाकडे असून कंपनीला हॉलंड व इंग्लंड येथील रॉयल डच/शेल कंपनी समूहांकडून तांत्रिक सहकार्य लाभले आहे. नोसिल (NOCIL) कंपनीचे भांडवल १२ कोटी रुपयांचे आहे.

कंपनीला अनुज्ञप्ति लाभलेली रसायने व त्यांची दरसाल निर्मितीक्षमता पुढे दिलेली आहे.

कोष्टक क्र. ८.८

उत्पादन पदार्थ	निर्मिती-क्षमता टन	उत्पादन पदार्थ	निर्मिती-क्षमता टन
इथिलिन ..	६०,०००	इथिलिन डायक्लोराइड ..	३,०००
प्रॉपिलिन ..	२५,०००	व्हायनिल क्लोराइड (मॉनोमर)	३०,०००
बेन्झिन ..	१४,०००	पॉलिइथिलिन क्लोराइड ..	२०,०००
ब्युटाडाइन ..	७,२००	तयार पी. व्ही सी. पदार्थ ..	५,०००
मिथेन ..	२,७००	आयसो प्रॉपिनॉल ..	१,५००
डायसायक्लो पेंटाडिन ..	७००	मिथिल आयसोब्युटिल किटोन ..	३,७००
इथिलिन ऑक्साइड ..	१२,०००	अॅसिटोन ..	११,०००
इथिलिन ग्लायकॉल ..	१०,०००	डायअॅसिटोन आल्कोहोल ..	२,८००
डायइथिलिन ग्लायकॉल ..	६००	ब्युटेनॉल ..	५,०००
फेनिल इथिलिन ग्लायकॉल ..	१,०००	२-इथिल हेक्झेनॉल ..	१०,०००

'नोसिल' कारखान्याची उभारणी मुंबईजवळ ठाणे परिसरात करण्यात आलेली आहे. हा प्रकल्प ५५ कोटी रुपयांचा आहे. कारखान्याचे उत्पादन १९६८ साली सुरू झाले. कारखान्यासाठी २,२५,००० टन नॅफ्था लागतो. नॅफ्थाचा पुरवठा ट्राम्बे (मुंबई) येथील बर्माशेल तेलशुद्धीकरण कारखान्यातून नलवाहिन्यांच्या साहाय्याने होतो.

नॅफ्थाभंजन भट्टीची उभारणी स्टोन व वेबस्टर (Stone and Webster) ह्या अमेरिकेतील अभियांत्रिकी कंपनीने केलेली आहे. भंजनाच्या पहिल्या टप्प्यामध्ये तयार होणारी प्रमुख द्रव्ये म्हणजे (१) इथिलिन, (२) प्रॉपिलिन, (३) ब्युटाडाइन व (४) बेन्झिन ही होत. ह्या द्रव्यांपासून आरंभ करून उद्योग समूहाच्या क्षेत्रामध्ये किंवा क्षेत्राबाहेर विविध रासायनिक प्रक्रिया करणारे छोटे छोटे कारखाने, काही मध्यम द्रव्ये किंवा सिद्ध रासायनिक द्रव्ये तयार करतात.

१९७१ साली कंपनीच्या एकूण तयार मालाच्या विक्रीची किंमत २८.७९ कोटी रुपये झाली.

३. इंडियन ऑइल कॉर्पोरेशनने आपल्या जवाहर नगरमधील गुजरात तेलशुद्धीकरण विभागामध्ये 'युडेक्स' (Udex) ह्या कारखान्याची स्थापना केली. उत्प्रेरकाच्या साहाय्याने बनविलेले गॅसोलिन हे कच्चे द्रव्य म्हणून वापरून त्यापासून बेन्झिन, टालुइन ही द्रव्ये बनविण्यात येतात. कारखान्यामध्ये उत्पादनाला १९६९ साली सुरुवात झाली. कारखान्याची उत्पादनक्षमता ३३,००० टन बेन्झिन व १४,००० टन टालुइन एवढी आहे. कारखान्याच्या उभारणीला २.५६ कोटी रुपये एवढा खर्च आला.

४. इंडियन पेट्रोकेमिकल्स कॉर्पोरेशन लिमिटेड (I.P.C.L.) बडोदे. ह्या कॉर्पोरेशनची स्थापना सार्वजनिक क्षेत्रामध्ये झालेली असून कॉर्पोरेशनचे भांडवल ३० कोटी रुपये आहे. कॉर्पोरेशनला लागणाऱ्या नॅफ्थाचा पुरवठा सार्वजनिक क्षेत्रातील तेलशुद्धीकरण कारखान्यामधून व्हावयाचा आहे. हे कॉर्पोरेशन सध्या जवाहर नगर येथील गुजरात पेट्रोकेमिकल कॉर्पोरेशनचे 'ॲरोमॅटिक' प्रकल्प व 'ऑलिफिन' प्रकल्प ह्यांची व्यवस्था पाहते.

आसाममधील बोंगायगाव येथील तेलशुद्धीकरण-पेट्रोरसायने ह्या जोड उद्योग समूहाच्या उभारणीची कामगिरी ह्या आय.पी.सी.एल. (I.P.C.L.)

कडे सुपूर्द करण्यात आली आहे. ह्याकामी भांडवल गुंतवणूक ८२.५ कोटी रुपये असून त्याचे उत्पादन १९७५ मध्ये सुरू व्हावयाचे आहे. ह्यासाठी लागणाऱ्या नॅफ्थाचा पुरवठा गौहत्ती तेलशुद्धीकरण कारखान्यामधून होणार आहे.

गुजरात पेट्रो-केमिकल्स कॉम्प्लेक्स ह्या उद्योग समूहाचा ॲरोमॅटिक प्रोजेक्ट (प्रकल्प) हा जवाहर नगर (बडोदे) येथील तेलशुद्धीकरण कारखाना व खत कारखाना ह्यांच्या नजीक सुरू व्हावयाचा आहे. त्यासाठी गुजरात रिफायनरी-कडून त्याला लागणारा विशेष प्रकारचा नॅफ्था दरसाल १,२०,००० टनप्रमाणे पुरविला जाईल. त्यापासून दरवर्षी २१,००० टन ऑर्थो-झायलिन, १७,००० टन पॅरा-झायलिन व २,५०० टन मिश्र झायलिन ही द्रव्ये तयार व्हावयाची आहेत. ह्या प्रकल्पाच्या उभारणीसाठी अंदाजे २४.५ कोटी रुपये खर्च झाला.

ऑलिफिन प्रकल्प

ह्या प्रकल्पाची पायाभरणी १९७२ मध्ये झाली. त्यामधून उत्पादन १९७४ अखेर सुरू व्हावयाचे होते. प्रकल्पासाठी ३१.९ कोटी रुपये खर्च येणार आहे. प्रकल्पाची दरसाल आयोजित मुख्य उत्पादने.

कोष्टक क्र. ८.९

आयोजित उत्पादने	वजन हजार टन	आयोजित उत्पादने	वजन हजार टन
इथिलिन ..	१३०	बेंझिन ..	२३·६
पॉलिमर दर्जाचे प्रॉपिलिन ..	३५	लाइट पायरोलिसिस गॅसोलिन ..	२९·३
रासायनिक दर्जाचे प्रॉपिलिन ..	४३·३	हेवी पायरोलिसिस गॅसोलिन ..	३४·६
ब्युटाडाइन ..	२२		

ह्या व दुसऱ्या काही उत्पादनावर आधारलेले असे दुसरे प्रकल्प आहेत. ते म्हणजे (१) ॲक्रिलोनायट्राइल (acrylonitrile), (२) संश्लेषित रबर, (३) पॉलिइथिलिन, (४) इथिलिन ग्लायकॉल (ethylene glycol) (५) पॉलिप्रॉपिलिन, (६) ॲक्रिलिक तंतू, (७) संश्लेषित निर्मलक, हे होत.

अवघ्या दहा वर्षापेक्षाही कमी कालखंडामध्ये झालेली व होऊ घातलेली प्रगती कशी लक्षणीय आहे हे दाखविणे एवढाच थोडया विस्ताराने दिलेल्या माहितीमागील हेतू आहे.

कार्बनी रसायने आणि बहुवारिके (Polymers)

प्लॅस्टिक पदार्थ

प्लॅस्टिक पदार्थ बनविण्यासाठी लागणाऱ्या मूलभूत द्रव्यांच्या निर्मितीला भारतामधील औद्योगिकदृष्टया पुढारलेल्या राज्यांमध्ये सुरवात झालेली आहे. खनिज तेलजन्य अशी ही मूलभूत द्रव्यें आहेत. त्यांना लागणारा कच्चा माल मुख्यत: भारतातील पेट्रोरसायनांच्या उद्योग समूहांकडून पुरविला जातो.

प्लॅस्टिक वस्तूसाठी लागणाऱ्या रेझिन (राळसदृश पदार्थ) द्रव्यांमध्ये कमी व जास्त घनतेचे पॉलिइथिलिन पी.व्ही.सी. (P.V.C.), पॉलिस्टायरिन, पॉलिएस्टर रेझिन, एपॉक्सी रेझिन आणि मेलामिन-फॉर्माल्डिहाइड, मोल्डिंग पावडर्स (साचे कामाची पावडर) व इतर रेझिने ह्यांचा समावेश होतो. त्यांचे उत्पादन भारतामध्ये पुष्कळ ठिकाणी होत आहे. बंगायगाव, जवाहर नगर व बरौणी ह्या ठिकाणच्या आयोजित पेट्रोरसायनांच्या उद्योग समूहांची वाढ होईल तेव्हा प्लॅस्टिक वस्तू बनविण्यासाठी लागणाऱ्या द्रव्यांची निर्मिती हा एक भारताचा प्रमुख उद्योग होईल.

प्लॅस्टिक पदार्थ बनविण्यासाठी लागणाऱ्या कच्च्या द्रव्यांचे १९७१ साली भारतामध्ये किती उत्पादन झाले हे दाखविणारे आकडे.

कोष्टक क्र. ८.१० (अ)

तापस्थापित (Thermo-Setting)

कच्ची द्रव्ये	वजन टन
पी. एफ्. मोल्डिंग पावडर	३,८०१
यू. एफ्. मोल्डिंग पावडर	१,८००
एम्. एफ्. मोल्डिंग पावडर	१२३
पॉलिएस्टर रेझिन	४०६
फेनॉलिक रेझिन	

कोष्टक क्र. ८.१० (ब)

तापसुनम्य (Thermo-plastic)

कच्ची द्रव्ये	वजन टन	कच्ची द्रव्ये	वजन टन
पॉलिस्टायरिन ..	११,१०८	पी. व्ही. सी. रेझिन ..	४२,९०१
पॉलिइथिलिन (कमी घनता) ..	२७,४९७	सी. डी. मोल्डिंग पावडर ..	१,४४६
पॉलिइथिलिन (जास्त घनता) ..	२४,०५९	पी. व्ही. सी. कंपाउंडस् ..	२५,७९७

प्लॅस्टिकची कच्ची द्रव्ये बनविण्यामध्ये भारताने बरीच प्रगती केलेली असली तरी १९७१-७२ साली ९.१४ कोटी रुपये किमतीची ही द्रव्ये आयात करावी लागली. परंतु त्याचबरोबर काही सिद्ध प्लॅस्टिक वस्तू निर्यात करण्यात आल्या. उदाहरणार्थ लिनोलिअम, पीव्हीसी लेदर क्लॉथ, पीव्हीसी शीटिंग, पॉलि-इथिलिनचे अस्तर असलेले तागाचे कापड. निर्यात झालेल्या ह्या मालाची किंमत त्याच काळात ६.२५ कोटी रुपये एवढी मिळाली.

कार्बनी रसायने व पॉलिमर रसायने तयार करण्याच्या क्षेत्रामध्ये असलेले भारताचे कारखाने

१. पॉलिऑलिफिन्स इंडस्ट्रीज लिमिटेड, मुंबई.—ह्या कारखान्याची उभारणी ठाणे शहराच्या परिसरात करण्यात आली असून त्यासाठी ११.५ कोटी रुपये खर्च आला. कंपनीच्या उत्पादनाला १९६८ साली आरंभ झाला. १९७१ साली २४ हजार टन एवढी जास्त घनतेच्या पॉलिइथिलिनची निर्मिती झाली. ह्याला लागणारा कच्चा माल नोसिल कंपनीकडून मिळतो.

२. पॉलिकेम लिमिटेड, मुंबई.—ह्या कंपनीच्या उत्पादनामध्ये स्टायरिन, पॉलिस्टायरिन, व्हायनिल क्लोराइड पॉलिथिन सेल्युलोज प्लॅस्टिक व दुसरी तापस्थापित व तापसुनम्य प्लॅस्टिक द्रव्ये ह्यांचा समावेश होतो. कंपनीला लागणाऱ्या कच्च्या मालाचा पुरवठा नोसिल उद्योग समूहांकडून होतो.

१९७१–७२ साली कंपनीने १० हजार टन पॉलिइथिलिन व १२.५ हजार टन स्टायरिन मानोमर ह्यांचे उत्पादन केले. त्यांची किंमत ५-६ कोटी रुपये एवढी होईल.

३. हर्डिलिया केमिकल्स लिमिटेड, मुंबई.—ह्या कंपनीची उभारणी ठाणे-बेलापूर मार्गावर झाली असून, कंपनीचे उत्पादन १९६८ सालापासून सुरू झाले. कंपनीला उत्पादनाची दरसाल पुढे दिलेल्या निर्मितीक्षमतेला अनुज्ञप्ति मिळाली आहे.

कोष्टक क्र. ८.११

उत्पादन	वजन हजार टन	उत्पादन	वजन हजार टन
फिनॉल	१५	थॅलिक अँन्हायड्राइड ..	६
ॲसिटोन	९	क्युमिन ..	१४·५
डाय ॲसिटोन-आल्कोहोल ..	२	डायऑक्टिल थॅलेट ..	३

ह्या निर्मितीमध्ये वाढ करण्यासाठी अनुज्ञा मिळावी म्हणून केलेला अर्ज सरकारच्या विचाराधीन आहे.

४. **आल्कली ॲण्ड केमिकल कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड, कलकत्ता.**— ही कंपनी इंग्लंडमधील सुविख्यात इंपेरिअल केमिकल इंडस्ट्रीज लिमिटेड, लंडन ह्याचा उपविभाग आहे. कंपनीची कार्बनी व अकार्बनी उत्पादने बरीच आहेत. परंतु त्यामध्ये कलकत्त्याजवळ रिश्रा येथे पॉलिइथिलिन तयार करण्याच्या कारखान्याचा विशेष निर्देश केला पाहिजे. कारखान्यातून १९७१ साली १२,३९० टन पॉलिइथिलिनची (ह्याचेच व्यापारी नाव 'आल्काथीन' असे आहे) निर्मिती झाली.

५. **हिंदुस्थान ऑरगॅनिक केमिकल्स लिमिटेड, रसायनी (पनवेल).**—ही कंपनी आता पूर्णतया भारत सरकारच्या मालकीची आहे. कंपनीची उत्पादन निर्मिती टप्प्याटप्प्यांनी व्हावयाची असून पहिला टप्पा १९७० मध्ये सुरू झाला. प्रत्यक्ष व्यवहारोपयोगी रासायनिक द्रव्ये तयार करण्याऐवजी रंग द्रव्ये, औषधी द्रव्ये, प्लॅस्टिक द्रव्ये, कीटक नाशके वगैरे उत्पादन करणाऱ्या धंद्यांना लागणारी मूलभूत कार्बनी रसायने व मध्यम रसायने तयार करणे हे कंपनीचे उद्दिष्ट आहे. कंपनीला लागणारे बेन्झिन, टाल्इन व अँथ्रसिन हा कच्चा माल 'नोसिल' व 'गुजरात पेट्रो-केमिकल उद्योग समूहा'कडून मिळण्याची योजना केलेली आहे. कंपनीला अनुज्ञप्ति मिळालेली निर्मितीक्षमता पुढे दिलेली आहे.

कोष्टक क्र. ८.१२

उत्पादन		वजन टन	उत्पादन		वजन टन
फॉर्मल्डिहाइड	..	१५,०००	डायनायट्रोबेन्झिन	..	३५०
बेन्झिन हेक्झाक्लोराइड	..	३,०००	ऑ. नायट्रोक्लोरोबेन्झिन	..	१,०४०
मोनो क्लोरोबेन्झिन	..	३,५००	पॅ. नायट्रोक्लोरोबेन्झिन	..	२,२७५
ऑ. डायक्लोरोबेन्झिन	..	६००	डायनायट्रोक्लोरोबेन्झिन	..	१,५००
ॲसिटॅनिलाइड	..	२,०००	ॲनिलिन	..	६,०००
नायट्रोबेन्झिन	..	११,०००	नायट्रोबेन्झिन सल्फॉनिक ॲसिड		२,०६०
ऑ. नायट्रोटाल्इन	..	१,९००	मेटानिलिक ॲसिड	..	१,९३५
पॅ. नायट्रोटाल्इन	..	१,१००	मेटाॲमिनो फिनॉल	..	७५०
मे. नायट्रोटाल्इन	..	६०			

कारखान्याच्या पुढच्या टप्प्यामध्ये मेटाअॅमिनो फिनॉल, सल्फ्युरिक आम्ल, ओलियम, फॉर्मालिडहाइड, बेन्झिन हेक्झाक्लोराइड, हायड्रोजन, नायट्रोबेन्झिन, अॅनिलिन, नायट्रोटालुइन आणि डायनायट्रोबेन्झिन ह्या उत्पादनांची निर्मिती व्हावयाची आहे.

त्यानंतरच्या टप्प्यामध्ये कॉस्टिक सोडा, मोनोइथिलिन अॅनिलिन, हेक्झामिन, पेंटाअॅरिथ्रिटॉल, पॅराफॉर्मालिडहाइड, ऑर्थोसल्फॉनिक अॅसिड, डायक्लोरोनायट्रो-बेन्झिन वगैरे उत्पादनांना सुरवात व्हावयाची आहे.

६. **इंडियन ऑरगॅनिक केमिकल्स लिमिटेड, मुंबई.**—ह्या कंपनीची स्थापना १९६० साली झाली. कंपनीचा कारखाना खोपोली (मुंबई-पुणे मार्ग) येथे आहे. कंपनीला पुढे दाखविल्याप्रमाणे उत्पादनाच्या वार्षिक निर्मितीसाठी अनुज्ञप्ति मिळालेली आहे.

कोष्टक क्र. ८.१३

उत्पादन प्रकार	वजन टन	उत्पादन प्रकार	वजन टन
अॅसेटिक अॅन्हायड्राइड ..	६००	बेन्झिल आल्कोहोल ..	३००
इथिल अॅसिटेट ..	१,०८०	मोनो क्लोरोअॅसेटिक अॅसिड ..	१,०००
इथिल अॅसिटोअॅसिटेट ..	३००	इथिल क्लोराइड ..	१,०००
अॅसेटिक अॅसिड ..	६,०००	पेंटाअॅरिथ्रिटॉल ..	१,०००
ब्युटिल अॅसिटेट ..	२,०००	बेन्झिल अॅसिटेट ..	१,०००
अॅमिल अॅसिटेट ..	२५०	मेटॅलिक (सोडिअम व्यतिरिक्त) अॅसिटेट.	१,०००
आयसोअॅमिल अॅसिटेट ..	२५०	बेन्झिल क्लोराइड ..	३००
प्रॉपिल अॅसिटेट ..	२००	प्लॅस्टिसायझर्स ..	१०,०००
आयसो प्रॉपिल अॅसिटेट ..	२००	पॉलिएस्टर तंतू ..	६,१००
सोडिअम् अॅसिटेट ..	५००		

ह्यापैकी पॉलिएस्टर फायबर (तंतू) कारखान्याची उभारणी मद्रासजवळ मनाली येथे व्हावयाची आहे.

आजकाल कारखानदारीचे विशेषत: रासायनिक कारखानदारीचे तंत्र चांगलेच प्रगल्भ झालेले आहे. खाजगी क्षेत्रामध्ये किंवा सार्वजनिक क्षेत्रामध्ये एखादा नवीन कारखाना काढावयाचा तर कित्येक तज्ञांचा सल्ला निरनिराळ्या

कामांसाठी घ्यावा लागतो. त्याऐवजी ह्या सर्व प्रकारच्या सल्ल्याचे एकत्रीकरण करण्यासाठी एखादी सुसंघटीत संस्था असली तर त्या संस्थेला अथपासून इतिपर्यंत उभारणीची म्हणजे प्रकल्पन (design) पासून प्रत्यक्ष उत्पादन निघू लागेपर्यंतचे सर्व टप्पे यथायोग्य प्रकारे पार पाडणारी 'इंजिनिअरिंग कन्सल्टन्सी' (Engineering consultancy) ह्या संस्थांची सेवा पण उपलब्ध असते. ह्यालाच 'परामर्षी अभियांत्रिकी' किंवा 'समंत्रिकी अभियांत्रिकी' असे म्हणता येईल. अशा प्रकारची अभियांत्रिकी सेवा प्रगत देशात उपलब्ध असते. ह्या संस्था बाहेरच्या देशात जाऊन योग्य मोबदल्यात कारखान्याची संपूर्ण उभारणी करून देतात. भारतामध्ये पण आपण अशा संस्थांची मदत घेऊन आपल्या कित्येक कारखान्यांची उभारणी केली व करीत आहोत. विकसनशील देशांच्या औद्योगीकरणाचा हा सर्वसाधारण प्रचलित असा मार्ग आहे. ह्यामध्ये दोषार्ह असे काहीच नाही. परंतु यथावकाश आपले तंत्रज्ञ व अभियंते ह्यांनी हे तंत्र विश्वासपूर्वक आत्मसात करून स्वावलंबन शक्य केले पाहिजे. ह्या दृष्टीने भारतामध्ये थोडे प्रयत्न झाले आहेत. त्यांचे कार्य चांगले आहे. परंतु अशा प्रकारच्या संस्थांची आपल्याला फार मोठी गरज आहे. भारतामध्ये अशा प्रकारची सेवा देणाऱ्या काही परामर्षी अभियांत्रिकी संस्थांचा परिचय करून घेणे अप्रस्तुत होणार नाही.

भारतामधील काही परामर्षी अभियांत्रिकी संस्था

१. इंजिनिअर्स इंडिया लिमिटेड, नवी दिल्ली.—ह्या कंपनीची स्थापना १९६५ साली झाली. भारत सरकार व अमेरिकेतील 'बेकटेल इंटरनॅशनल कॉर्पोरेशन' ह्यांच्या सहयोगाने ही कंपनी कार्य करीत असते. ह्यामध्ये भारत सरकार व कॉर्पोरेशन ह्यांचे भांडवल प्रमाण ५१ : ४९ असे आहे. ही कंपनी मुख्यत: पेट्रोलिअम, पेट्रोरसायने, खत कारखाने ह्या क्षेत्रांमध्ये कार्य करते. ह्या कंपनीची मनाली येथील मद्रास रिफायनरी, ट्रॉम्बे (मुंबई) येथील ल्युब ऑईल रिफायनरी हे कारखाने उभारण्याची कामे चालू आहेत. ह्या कंपनीचे वैशिष्ट्य म्हणजे ही कंपनी भारताबाहेरची कामे पण स्वीकारते. इटलीमधील एका कंपनीच्या सहकार्याने ह्या कंपनीने इराणमध्ये शिराज ह्या ठिकाणी तेलशुद्धीकरण कारखान्याची उभारणी करण्याची जबाबदारी घेतली आहे.

२. **फर्टिलायझर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया.**—प्लॅनिंग अँड डेव्हलपमेंट डिव्हिजन 'सिंद्री': सिंद्री येथे १९६१ साली फर्टिलायझर कॉर्पोरेशनचा योजना व विकास विभाग विशेषतः फर्टिलायझर (खते) ह्याविषयीच्या कारखानदारीच्या उभारणीचे काम करतो.

३. **फॅक्ट इंजिनिअरिंग अँण्ड डिझाइन ऑर्गनायझेशन उद्योग मंडळ.**—केरळ राज्यामध्ये ह्या मंडळाची स्थापना १९६३ साली झाली. ह्या मंडळाचे कार्यक्षेत्र मुख्यतः खत कारखान्यांची उभारणी हे आहे. ह्या मंडळाने कोचीन, मंगलोर व तुतिकोरिन येथे एकूण तीन खत कारखाने काढण्याच्या दृष्टीने आराखडे तयार केले आहेत.

४. **इंजिनिअरिंग प्रोजेक्टस इंडिया लिमिटेड, नवी दिल्ली.**—ह्याची स्थापना १९७० मध्ये झाली. भारत सरकारच्या सार्वजनिक क्षेत्रातील उद्योग समूहांना कारखान्यांच्या उभारणीसाठी लागणारे मार्गदर्शन व प्रत्यक्ष उभारणी ही कार्ये करण्यासाठी ह्या कंपनीची स्थापना झाली.

५. **नॅशनल इंडस्ट्रिअल डेव्हलपमेंट कॉर्पोरेशन लिमिटेड, नवी दिल्ली.**—ही संस्था १९५४ साली सरकारी कंपनी म्हणून स्थापन झाली. आरंभी तिची उद्दिष्टे म्हणजे उद्योग प्रवर्तन (promotion) आणि विकास ही होती. परंतु त्यामध्ये वाढ होऊन १९६०–६१ साली ह्या कंपनीने परामर्शी अभियांत्रिकी सेवा कार्य पण सुरू केले. भारतातील जुन्या कारखान्यांचे आधुनिकीकरण, व्यवस्थापनाची अभिनव तंत्रे वगैरे क्षेत्रात महत्त्वाचे कार्य केले आहे. विशेष म्हणजे ह्या संस्थेने भारताबाहेर अन्य विकसनशील देशांमध्ये अशाच प्रकारचे कार्य, युनायटेड नेशनच्या औद्योगिक विकास संघटनेच्या वतीने, केले आहे.

पेट्रोरसायनांच्या व्यवसायामध्ये भारताचा प्रवेश, अगदी अलिकडील आहे. तरीही त्यामध्ये झालेली प्रगती लक्षणीय आहे. ह्या प्रगतीसाठी आपल्याला औद्योगिक क्षेत्रात प्रगत देशांचे साहाय्य, सहकार्य, मार्गदर्शन घ्यावे लागले. ह्यामध्ये वावगे असे काहीच नाही. विकसनशील देशांच्या प्रगतीचा हा एक टप्पा अटळ आहे. परंतु ह्यापुढील प्रगतीचा पाया शक्यतोवर स्वावलंबनावर आधारित असला पाहिजे. आधुनिक तंत्र विशेषतः पेट्रोरासायनिक उद्योगांच्या

बाबतीत एवढे झपाट्याने बदलत आहे, विकसित होत आहे की, त्या प्रगतीचा मागोवा मोठ्या जागरूकतेने व विविध अवधाने सांभाळून घेतला नाही तर प्रगत व विकसनशील ह्यामधील अंतर कायम राहील, एवढेच नव्हे तर वाढेल. आपल्यावर त्यामुळे येणारी जबाबदारी पार पाडण्यासाठी आपले योजना तज्ज्ञ, तंत्रज्ञ, रसायन तंत्र विशारद, संशोधक व व्यवस्थापन प्रवीण हे सतत प्रगतीच्या मार्गावर राहिले पाहिजेत. तसे पाहिले तर इतर व्यवसायांपेक्षा पेट्रोरसायन व्यवसाय ह्यामध्ये नवीन नवीन समस्या सतत निर्माण होत राहातात. त्यावर मात करण्याची आपली तयारी असली पाहिजे.

आपल्या वाढत्या गरजा ध्यानात घेऊन उपलब्ध असलेल्या कच्च्या मालापासून आपल्याला कोणती रसायने निर्माण करता येतील हे ठरविले पाहिजे. त्या रासायनिक द्रव्यांना लगेच पुरेशी मागणी नसल्यास, त्यापासून मागणी असलेली अन्य द्रव्ये निर्माण केली पाहिजेत. एकूण काहीही द्रव्य फुकट जाऊ नये. कालबाह्य ठरलेले तंत्र व यंत्र सोडून नवीन तंत्र व यंत्र योजना आत्मसात करण्याचे धोरण ठेवणे जरूर आहे. व्यापारी दृष्टीने परवडतील अशा आकाराचे व उत्पादनक्षमतेचे कारखाने उभारले पाहिजेत. परंतु ह्यासाठी रसायनशास्त्र, रसायन तंत्रशास्त्र ह्यांमध्ये सतत संशोधन व रासायनिक उत्पादनासाठी लागणारी विकसित अभियांत्रिकी ही तर आपली फार मोठी गरज आहे. ह्याबाबतीत झालेले प्रयत्न अपुरे आहेत. उद्योगधंद्यांना सल्ला देणारी, मार्गदर्शन करणारी, एवढेच नव्हे तर प्रकल्पनापासून प्रत्यक्ष उत्पादन होईपर्यंत टप्प्याटप्प्यांनी कारखान्यांची संपूर्ण उभारणी करून देणारी प्रगल्भ परामर्षी अभियांत्रिकी सेवा देणाऱ्या संस्थांचा आरंभ भारतामध्ये नुकताच सुरू झाला आहे. परंतु अशा बहुविध संस्थांची आपल्याला गरज आहे. ह्याबाबतीत आपली तयारी तोकडी पडते आहे.

औद्योगिक क्षेत्रातील आपल्या ह्या त्रुटी भरून येईपर्यंत आपले परावलंबन व मागासलेपणा ही आजची परिस्थिती तशीच चालू राहील. तरुण, उत्साही, बुद्धीवंत संशोधकांना व तज्ज्ञांना हे आव्हान आहे. असेच आव्हान दूरदृष्टीच्या योजनातज्ज्ञांना व व्यवस्थापकांना पण आहे. कर्तृत्वसंपन्न, देशनिष्ठ उद्योगपतींनी व उद्योग समूहांनी धडाडीने पुढे येण्याला ह्या क्षेत्रामध्ये अमर्याद वाव आहे.

शेवटी सामान्य भारतीय नागरिकांना आवाहन करणे जरूर आहे. विविध क्षेत्रांमध्ये संशोधन करणारे आपले शास्त्रज्ञ व तंत्रज्ञ ह्यांचे कार्य प्रयोगनिष्ठ असते. प्रयोग म्हटला म्हणजे तो यशस्वी होईलच असे नाही. खरे म्हणजे प्रत्येक यशामागे पुष्कळ अपयशे दडलेली असतात. आपण प्रगत देशांकडून भारी किंमत देऊन विकत घेतलेल्या सिद्ध किंवा यशस्वी तंत्राच्या किंमतीमध्ये अयशस्वी प्रयोगांचा पुरा खर्च पण जमा धरलेला असतो. प्रत्येक प्रयोग यशस्वी होऊ लागला तर त्याला प्रयोग म्हणण्याचे कारण नाही. कोणत्याही नवीन व विकसीत होणाऱ्या औद्योगिक क्षेत्रातील शास्त्रीय व तांत्रिक संशोधन हे साहजिकच प्रयोगनिष्ठ असावे लागते. ही गोष्ट ' पी हळद व हो गोरी ' एवढी सरळ व सोपी नसते. त्यामध्ये अनेक अनपेक्षित खाचखळगे असतात, काही अंदाज चुकतात तर काही योजनांमध्ये होऊ नये ते घोटाळे होतात. परंतु कोण-त्याही प्रायोगिक कार्यक्रमाचा हा भागच आहे. त्यामुळे भारतीय संशोधकांचे, तंत्रज्ञांचे व अभियंत्यांचे प्रयोग अपेक्षेप्रमाणे फलदायी ठरले नाहीत किंवा अयशस्वी झाले तर त्यामुळे सामान्य माणसांना निराश होण्याचे किंवा वर्तमान-पत्रांनी अनुदार टीका करण्याचे कारण नाही. आपल्या संशोधकांची कुचेष्टा करून, त्यांच्या उत्साहावर पाणी पाडून त्यांची उमेद खचेल व भारतीय संशोधनाची प्रतिमा डागाळेल असे करणे योग्य नाही. त्यामुळे आपल्या समस्या वाढतील व कदाचित परावलंबन अटळ होईल.

□ □

प्रकरण नऊ

नव्या नव्या रसायनांची अंतिम खाण खनिज तेल

कार्बनी रसायनशास्त्रातील संश्लेषणतंत्राने फार मोठी क्रांती घडवून आणली आहे. ह्या तंत्रामुळे केवळ अपुऱ्या निसर्गदत्त वस्तूंवरच अवलंबून राहण्याचे कारण उरलेले नाही. नैसर्गिक वस्तूंच्या तोडीच्या, एवढेच काय तर काही बाबतीत जास्त सरस, अशा वस्तू रसायनशास्त्र तयार करू लागले आहे आणि तेसुद्धा मुबलक प्रमाणावर. संश्लेषण तंत्राचा अवलंब करून साध्या सामान्य कच्च्या द्रव्यांपासून उपयुक्त गुणधर्म असलेल्या विविध वस्तू आता कारखान्यांतून बाहेर पडत आहेत. त्यामध्ये नैसर्गिक वस्तूंचे उपयुक्त गुण असून शिवाय त्यामध्ये वापरण्याला सुलभ, सोयीचे व मनमोहक रंग, रंगछटा असणे वगैरे अधिक गुण असू शकतात. ह्या संश्लेषित वस्तूंनी आज बरेच क्षेत्र व्यापले आहे.

खनिजापासून मिळणाऱ्या उपयुक्त धातूंचा पुरवठा मर्यादित आहे व त्यांचा सध्या मोठ्या प्रमाणावर वापर होत असल्यामुळे धातूंचा तुटवडा आज ना उद्या तीव्रतेने जाणवेल हे तर उघडच आहे. ह्यावर उपाय म्हणजे संश्लेषणतंत्राने सिद्ध झालेली प्लॅस्टिक द्रव्ये सर्वच नाही तरी, काही धातूंची जागा, काही ठिकाणी घेऊ शकतात हे स्पष्टच आहे.

माणसाच्या प्राथमिक गरजा म्हणजे अन्न, वस्त्र व आसरा. ह्या तिन्ही गरजा पृथ्वीवर निर्माण होणाऱ्या वनस्पती-सृष्टीमधून आपण बऱ्याच प्रमाणात भागवीत असतो. दुसरी एक गरज म्हणजे ऊर्जा निर्मितीची. जुन्या काळी जळाऊ लाकडे, कोळसा व गळिताच्या धान्यांतून निघणारे तेल ह्यांनी भागविली जात असे. परंतु पृथ्वीवरील वनस्पतींची वाढ करण्यासाठी लागणारी जमीन युगानुयुगे

आहे तेवढीच राहिली आहे. त्याउलट माणसांची संख्या मात्र सारखी वाढत आहे. साहजिकच त्यांच्या अन्न, वस्त्र, निवासविषयक गरजा पण त्याच प्रमाणात वाढत आहेत व पुढे वाढणार आहेत. ही वाढती गरज भागवावयाची कशी ? जमिनीवरील उत्पादन काही प्रमाणात वाढविता येते. परंतु ते वाढलेले उत्पादन थोडयाच वर्षांत अपुरे ठरते. लोकांच्या ह्या गरजा भागविण्यासाठी काहीतरी पर्यायी मार्ग शोधून काढणे जरूर आहे. आपल्या गरजांपैकी वस्त्र व निवारा ह्यांना लागणाऱ्या वस्तूंपैकी सर्वच नाही तरी बऱ्याच वस्तूंची जागा कृत्रिम वस्त्र-तंतू व प्लॅस्टिक द्रव्ये घेऊ शकतील. अपुऱ्या वस्त्र-निवाऱ्याची समस्या काही प्रमाणात पेट्रोरसायने सोडवू शकतील. त्यामुळे पृथ्वीवरील वस्त्र व निवारा ह्यांच्यासाठी व्यापली जाणारी जागा बऱ्याच प्रमाणात मोकळी झाल्याने अन्नधान्य उत्पादनासाठी जास्त जमीन उपलब्ध होऊ शकेल.

सध्या रंग, वस्त्रतंतू, औषधे, साबणसदृश निर्मलक, प्लॅस्टिके, आल्कोहोल, वार्निशे वगैरे उपयुक्त कार्बनीद्रव्यांची निर्मिती पेट्रोरसायनांपासून होते. पेट्रोलिअममधून गॅसोलिन, केरोसीन, डिझेल वगैरे इंधनद्रव्ये वेगळी करून घेतल्यावर उरलेल्या टाकाऊ अपद्रव्यांपासून वरील महत्त्वपूर्ण कार्बनीद्रव्यांची निर्मिती करता येते. इंधन निर्मिती हाच पेट्रोलिअमचा प्रमुख उपयोग होय. कार्बनी इंधनाची आपल्याला कारखान्यातील यंत्रे चालविण्यासाठी, वीज निर्मितीसाठी व वाहनांसाठी फार मोठी गरज आहे. ऊर्जा उत्पादनाचे ते एक प्रमुख साधन होय. जल-ओघ विद्युत निर्मिती वगैरे दुसरी ऊर्जा साधने आहेत. पण ती सीमित आहेत. त्यांच्या उत्पादनाला मर्यादा आहेत.

परंतु ऊर्जा उत्पादनासाठी गेली काही वर्षे एक नवीन साधन शास्त्रज्ञांच्या हाती आले आहे. ते म्हणजे अणु ऊर्जा. त्यामध्ये पुरेशी वाढ व आवश्यक त्या तांत्रिक सुधारणा झाल्यावर कार्बनी इंधनाची जागा बऱ्याच प्रमाणावर आपल्याला अणूंना देता येईल. त्यामुळे पेट्रोलिअमसारख्या कार्बनी इंधनावरचा आपला भरीभार कमी होईल. पेट्रोलिअमचा मुख्य उपयोग मग इंधन हा न राहता पेट्रोरसायनांसाठी होईल. पेट्रोरसायनांचे उत्पादन फार मोठ्या प्रमाणावर वाढविता येईल. मग आपल्या वैशिष्ट्यपूर्ण नवीन नवीन गरजा पुरविण्याचे काम पेट्रोरसायनांना पार पाडता येईल, असे एक शास्त्रज्ञांचे सुखद स्वप्न आहे.

कालांतराने का होईना पेट्रोल किंवा तत्सम इंधनांची बरीचशी गरज संपेल का ? जास्त उपलब्ध झालेल्या जमिनीतून लोकांना पुरेसे अन्नधान्य मिळेल का ? ह्यांची ठामपणे उत्तरे देणे आजच अवघड आहे. तरीपण अणुशक्ती केंद्रातून मिळणारी विद्युतशक्ती, अणुशक्तीवर चालणारे मोठमोठे कारखाने, आगबोटी, पाणबुड्या ह्यांचा वापर आजच चालू आहे. त्याचप्रमाणे जास्त उपलब्ध झालेल्या जमिनीतून जास्त पीक काढण्यासाठी लागणारी खते, तयार झालेल्या किंवा तयार होत असलेल्या अन्नधान्यांचा नाश करणाऱ्या कीटकांचा संहार करणारी प्रभावी कीटकनाशके ह्यांचे वाढते उत्पादन करणारी पेट्रोरसायने आज तयार होत आहेत व वापरली जात आहेत.

ह्या सर्व गोष्टी ध्यानात घेता पेट्रोरसायनांकडे एका निराळ्या दृष्टीने आपण पाहू शकतो. पेट्रोरसायनांकडे केवळ प्राथमिक गरजा भागवून घेण्यासाठीच नव्हे तर जीवन सुखी, संपन्न व निरामय करण्यासाठी आपल्याला हजारो नव्हे तर लक्षावधी संश्लेषित रासायनिक द्रव्यांचा उपयोग करावा लागेल. ह्या अमाप उपयुक्त संश्लेषित द्रव्यांची अंतिम खाण खनिज तेलच असेल. आजच तयार होणाऱ्या सर्व कार्बनीरसायनांमध्ये पेट्रोरसायनांचा जवळ जवळ ८० टक्के भाग आहे. आणखी १५–२० वर्षांनी हेच प्रमाण ९८ टक्क्यांपर्यंत जाईल असा तज्ञांचा कयास आहे. खनिज तेल व तज्जन्य रसायने ह्यांच्या पूर्वेतिहासावरून भविष्य-काळामध्ये त्याविषयी फार मोठ्या अपेक्षा बाळगणे अनाठायी ठरणार नाही.

□ □



कर्नल ड्रेकची पहिली विहीर
(उजव्या बाजूला कर्नल ड्रेक उभे आहेत)



तेलवाहिन्या



तेल भवन (डेहराडून, उत्तर प्रदेश)



सागरसम्राट (मुंबई हायवर)



सागरसम्राटाच्या आतील ड्रिलिंग रिगचा भाग

तेल शुद्धीकरण कारखाना, दिग्बोई





गुजरात तेलशुद्धीकरण कारखाना

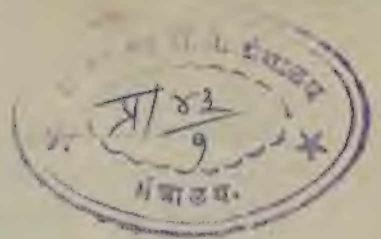


नॅफ्था भंजक—नोसील कंपनी, मुंबई

पॅराक्झायलिनचा कारखाना, गुजरात



क्लोरोमिथेनचा कारखाना
(स्टॅंडर्ड आल्कली, मुंबई)



परिशिष्टे--

परिशिष्टे एक

खनिज तेलाच्या व्यवसायामध्ये येणाऱ्या इंग्रजी संज्ञा व त्यांचे स्पष्टीकरण

Adsorption (अॅडसॉर्पशन) = **अधिशोषण.**--घनवस्तूंच्या पृष्ठभागावर द्रव किंवा वायू ह्यांचा संचय होणे ह्याला 'अधिशोषण' म्हणतात. हलके खनिज तेल-मिश्रित नैसर्गिक वायू क्रियाशील कोळशाच्या पृष्ठभागावर सोडला तर नैसर्गिक वायू कोरडा होतो व तेलाचा भाग अधिशोषणामुळे पृष्ठभागावर जमा होतो.

Aliphatic hydrocarbon **(अॅलिफॅटिक हायड्रोकार्बन)**.--ह्या प्रकारच्या हायड्रोकार्बनमध्ये कार्बन व हायड्रोजन ह्या अणूंच्या CH_2 ह्या गटाची रचना सरल किंवा शाखायुक्त अशी असते. ह्या प्रकारामध्ये पॅराफिन व ऑलिफिन ह्यांचा समावेश होतो. परंतु वलययुक्त अशा अॅरोमॅटिक हायड्रोकार्बन प्रकाराहून हा भिन्न आहे.

Alkylation **(आल्किलेशन) = आल्किलीकरण.**--ही एक प्रक्रिया असून ह्यामध्ये सशाख शृंखलायुक्त किंवा वलययुक्त ह्यांचा असंतृप्त हायड्रोकार्बन-बरोबर उत्प्रेरकाच्या साहाय्याने संयोग होतो. उदा० आयझोब्युटेनचा ब्युटि-लिनबरोबर संयोग होऊन आयझो-ऑक्टेन होतो. बेन्झिन व इथिलिन ह्यांच्या संयोगाने इथिलबेन्झिन तयार होते.

Anticline **(अॅंटिक्लाइन)**.--भूशास्त्रीय पाषाणस्तरांना दुमड पडून भूस्तराची रचना मह्रिरपीसारखी वर उचलली जाते त्यांना अॅंटिक्लाइन म्हणतात.

Anti-knock **(अँटिनॉक) = आघातविरोधी.**--अंतर्दहन इंजिनामध्ये इंधनाच्या स्फोटक ज्वलनाने होणारे खडखड आवाज टाळणारे गुणयुक्त द्रव्य. ह्या गुणांचे मापन 'ऑक्टेनांकाने' करतात.

Aromatic **(अॅरोमॅटिक)**.--हायड्रोकार्बन द्रव्यांचा एक वर्ग. ह्या वर्गातील प्रारंभ द्रव्य म्हणजे बेन्झिन. अॅरोमॅटिक म्हणजे गंधयुक्त. असे म्हणण्याचे कारण म्हणजे ह्या वर्गातील बऱ्याच द्रव्यांना वास येतो. द्रावक म्हणून ह्या द्रव्यांचा उपयोग होतो. बेन्झिन, टालुइन व झायलिन ही द्रव्ये ह्या वर्गामध्ये प्रमुख आहेत.

Aromatisation (**ॲरोमटायझेशन**) = **ॲरोमॅटिकीकरण.**—सरल शृंखलायुक्त संयुगापासून किंवा ॲलिफॅटिक संयुगापासून ॲरोमॅटिक संयुग बनविणे असा त्याचा अर्थ आहे. प्रथमत: ह्यासाठी वलययुक्त सायक्लो संयुग बनवावे लागतात. त्यानंतर विहायड्रोजनीकरणाने ॲरोमॅटिक संयुग बनतात.

Asphalt (**ॲस्फाल्ट**).—बिटचुमेन व काही निष्क्रीय द्रव्यांचे नैसर्गिक किंवा कृत्रिम मिश्रण. ह्यालाच ॲस्फाल्टिक बिटचुमेन किंवा नुसते बिटचुमेन (Bitumen) असे म्हणतात. हा पदार्थ सामान्यत: काळा किंवा गडद तपकिरी रंगाचा घन किंवा अर्धघन असा असून, तापविल्यावर तो प्रवाही बनतो.

Aviation spirit (**ॲव्हिएशन स्पिरिट**).—म्हणजेच विमानांच्या इंजिनासाठी योग्य असे तेल. काही उपयुक्त तेलप्रकाराच्या संमिश्रणाने तयार केलेले असते. ह्या तेलाचे आघात-विरोध मूल्य जास्त असते व तेलाची स्थिरता चांगल्या दर्जाची असते. एकूण बाष्पनशीलता जास्त आणि गोठणांक कमी. ह्यालाच ॲव्हिएशन गॅसोलिन किंवा ॲव्गॅस असेही म्हणतात.

Benzine (**बेन्झाइन**).—पेट्रोलिअमपासून सरळ उत्कलनातून निघणारे व ८०° से. ते १३०° से. ह्या दरम्यान उत्कलनांक असणारा तेलप्रकार. हा तेलप्रकार साधारण गॅसोलिन किंवा पेट्रोलसारखाच असतो.

Bitumen (**बिटचुमेन**) **किंवा ॲस्फाल्टिक बिटचुमेन.**.—पाहा ॲस्फाल्ट.

Black oil (**ब्लॅक ऑइल**) = **काळे तेल.**—ही संज्ञा सामान्यपणे जड व दाट रंगाच्या पेट्रोलिअमजन्य द्रव्यांसाठी वापरतात. उदाहरणार्थ, जड डिझेल तेल, फ्युएल ऑइल, वगैरे. ह्या तेलाच्या टाक्या स्वच्छ केल्याशिवाय पांढऱ्या तेलासाठी म्हणजे पेट्रोल, केरोसीन ह्यांसाठी वापरता येत नाहीत.

Bottoms (**बॉटम्स**) = **तळाचा अवशेष.**—खनिज तेलाचे ऊर्ध्वपातन केल्यावर टाकीच्या तळाशी उरणारा अवशेष.

Casing head gasoline (**केसिंग हेड गॅसोलिन**).—ह्यालाच नैसर्गिक गॅसोलिन असेही म्हणतात. नैसर्गिक वायूपासून वेगळा केलेला कमी उत्कलनांक असलेला द्रव पदार्थ. ह्यामध्ये प्रॉपेन व ब्युटेन ह्यांचे बरेच प्रमाण असते. ह्यापैकी सर्व प्रॉपेन वायू व बराच ब्युटेन वेगळा करून काढल्यावर मिळणारे गॅसोलिन द्रव्य.

Catalyst (कॅटालिस्ट) = **उत्प्रेरक.**—रासायनिक अभिक्रियेचा वेग वाढविण्यासाठी बाहेरून घातलेला पदार्थ. अभिक्रिया झाल्यानंतर उत्प्रेरकामध्ये रासायनिक फेरफार काहीच न होता उत्प्रेरक जसाच्या तसा राहतो. उत्प्रेरक त्यामुळे पुन: पुन्हा वापरता येतो. उत्प्रेरक हे वैशिष्टयपूर्ण असतात. म्हणजे एका अभिक्रियेमध्ये उपयुक्त ठरलेला उत्प्रेरक दुसऱ्या अभिक्रियेमध्ये उपयोगी पडत नाही.

Cracking (क्रॅकिंग) = **भंजन.**—उष्णतेच्या साहाय्याने केलेले रासायनिक द्रव्यांचे विघटन. विशेषत: उच्च उत्कलनांक असलेल्या खनिज तेल पदार्थांचे उष्णतेने जास्त बाष्पनशील द्रव्यांमध्ये रूपांतर करणे. ह्या प्रक्रियेमध्ये मोठ्या रेणूंची मोडतोड होऊन, त्यामधून लहान लहान रेणू तयार होतात.

Distillation (डिस्टिलेशन) = **ऊर्ध्वपातन.**—द्रवाचे प्रथम बाष्पीकरण, नंतर बाष्पाचे संघनन व संघनन झालेले द्रव्य वेगळे काढून घेण्याची प्रक्रिया. अबाष्पनशील द्रव्यांपासून बाष्पनशील द्रव्य वेगळे करण्याची प्रक्रिया.

Dry Gas (ड्राय गॅस) = **कोरडा वायू.**—सहज द्रवरूप होणारे घटक वेगळे केल्यावर उरलेला कोरडा पेट्रोलिअम (खनिज तेल) वायू.

Emulsion (इमल्शन) = **पायस.**—एकमेकांमध्ये न मिसळणाऱ्या दोन द्रवांपैकी एकाचे दुसऱ्यामध्ये सूक्ष्म कणांच्या स्वरूपामध्ये पसरणे. उदा० पाणी तेलामध्ये किंवा तेल पाण्यामध्ये.

Ester (एस्टर).—कार्बनी आम्ल व ॲल्कोहोल ह्यांचा रासायनिक संयुग झाल्याने हे द्रव्य तयार होते. उदा० इथिल आल्कोहोल व ॲसेटिक आम्ल. ह्यांपासून इथिल ॲसिटेट हा एस्टर मिळतो.

Ether (इथर).—आल्कोहोलमधील हायड्रॉक्सिल (HO) गटातील हायड्रोजनच्या जागी आल्किल किंवा ॲलिल गट समाविष्ट झाल्याने बनलेला संयुग. असे संयुग बाष्पनशील असून, त्यांचा द्रावक म्हणून उपयोग होतो.

Fractional distillation (फ्रॅक्शनल डिस्टिलेशन) = **प्रभाजी ऊर्ध्वपातन, प्रभाजनीकरण.**—निरनिराळे उत्कलनांक असणाऱ्या द्रव्यांच्या मिश्रणाचे

प्रभाजीकरण तंत्र. ह्यासाठी प्रत्येक द्रव्याच्या उत्कलनांकावर त्या द्रव्याच्या तयार होणाऱ्या बाष्पाचे निरनिराळे संघनन करून मिश्रणातील द्रव्ये वेगळी वेगळी करतात. ह्यालाच प्रभाजनीकरण म्हणतात.

Fuel oil (**फ्युएल ऑइल**) = **इंधन तेल.**—ही संज्ञा मुख्यत: विद्युत शक्ती किंवा उष्णता निर्माण करण्यासाठी वापरावयाचे तेल ह्यासाठी वापरतात. कारखान्यांतील बॉयलर किंवा भट्ट्या तापविण्यासाठी हे तेल वापरतात. महत्त्वाचे घटक वेगळे केल्यानंतर उरलेल्या खनिज तेलाचा हा भाग असतो.

Gas oil (**गॅस ऑइल**).—हे तेल केरोसीन व हलके वंगण तेल ह्यांच्या दरम्यान उत्कलनांक असलेले असे हे तेल आहे. इंधन वायू शहरामध्ये पुरविता यावा म्हणून ह्या तेलाचे भंजन करून मिळणारा वायू व वॉटर गॅस ह्यांचे मिश्रण करतात. ह्या तेलाचे आणखीही बरेच उपयोग आहेत.

Gasoline (**गॅसोलिन**).—८०° से. ते २००° से. ह्या दरम्यान उत्कलनांक असलेला हा द्रव पदार्थ. ह्याचा अन्तर्दहन इंजिनामध्ये उपयोग होतो. ह्यालाच अमेरिकेमध्ये मोटार स्पिरिट, मोटार गॅसोलिन किंवा नुसते 'गॅस' असेही म्हणतात. इतरत्र त्यालाच 'पेट्रोल' असे म्हणतात.

Illumination oil (**इल्युमिनेशन ऑइल**) = **प्रकाश तेल.**—हे तेल म्हणजेच दिव्यासाठी व कंदिलासाठी वापरावयाचे तेल. म्हणजेच केरोसीन किंवा रॉकेल.

Inhibitor (**इन्हिबिटर**) = **अन्तर्विरोधक.**— अनिष्ट रासायनिक अभिक्रिया मंदावणारा किंवा अटकावणारा अल्प प्रमाणात आत वापरण्यात येणारा पदार्थ. अन्तर्निरोधक तेलसाठ्याच्या टाकीमध्ये तो घातला तर तेलामध्ये गाळ जमा होत नाही किंवा वंगण तेलाचा रंग बदलत नाही किंवा इंजिनाच्या यंत्र भागांची खराबी होत नाही.

Isomerism (**आयसोमेरिझम**) = **समघटकता.**—दोन किंवा अधिक कार्बनी-संयुगांमध्ये असलेल्या अणूंचे जर प्रकार व त्यांची संख्या तेवढीच असली, परंतु त्या संयुगांच्या रचनेमध्ये फरक झाला तर ते वेगळ्या वेगळ्या गुणधर्मांचे संयुग बनतात. त्या संयुगांमध्ये समघटकता आहे व ते संयुग समघटकी आहेत असे म्हणतात.

Kerosene (**केरोसीन**) = **म्हणजे रॉकेल.**—खनिज तेलाच्या ऊर्ध्वपातनातून निघणारा तेल विभाग. १५०° से. ते ३००° से. ह्या त्याच्या उत्कलनांकाच्या मर्यादा आहेत. ह्या विभागाचे ऊर्ध्वपातन पेट्रोल विभाग व गॅस ऑइल विभाग ह्यांच्या दरम्यान होते. त्याचे प्रमुख उपयोग प्रकाशासाठी कंदिलामध्ये व उष्णतेसाठी स्टोव्हमध्ये होतो. केरोसीन काही अन्तर्दहन इंजिनांसाठी इंधन म्हणून वापरतात. ह्यालाच पॅराफिन किंवा पॅराफिन तेल असेही म्हणतात. परंतु ही नावे वापरणे चूक आहे. दुसऱ्या तेल प्रकारांसाठी ह्या संज्ञा वापरतात.

Liquefied gas = **द्रवरूप वायू.**—हा मुख्यत: हलक्या हायड्रोकार्बनचा बनलेला असतो. नेहमीचे तपमान व दाब ह्यामध्ये हे हायड्रोकार्बन वायूरूप असतात. परंतु दाब वाढविल्यास त द्रवरूप होतात. द्रवरूप होणारे हायड्रोकार्बन वायू म्हणजे प्रोपेन व ब्युटेन. द्रवरूप केल्याने ह्या जळाऊ वायूंची वाहतूक, वापर व साठा करणे ह्या गोष्टी सोप्या होतात. ह्यालाच L.P.G. म्हणजे लिक्विफाइड पॅट्रोलिअम गॅस किंवा बाटलीबंद वायू (bottled gas) असेही म्हणतात. बाजारात मिळणारे बर्शेन, नॅचरल गॅस, वगैरेचे गॅस सिलिंडर ते हेच.

Long term burning oil (**लॉंग टर्म बर्निंग ऑइल**) = **म्हणजेच दीर्घकाळ जळणारे तेल.**—हा एक केरोसीन तेलाचाच प्रकार आहे. वातीच्या दिव्यामध्ये दीर्घकाळ जळत राहणे हा त्याचा गुण. त्यामुळे दिव्याकडे लक्ष द्यावे लागत नाही. रेल्वेच्या सिग्नलसाठी हाच तेलप्रकार वापरतात. म्हणून ह्याला 'सिग्नल तेल' असेही म्हणतात.

Mineral oil = **खनिज तेल.**—ही संज्ञा थोडया व्यापक अर्थाने केव्हा केव्हा वापरतात. ह्यामध्ये खाणीतून काढलेल्या तेलाबरोबर दगडी कोळशापासून किंवा शेलपासून मिळणाऱ्या तेलाचाही अंतर्भाव केला जातो.

Monomer (**मानोमर**) = **एकवारिक.**—एकच एक रेणू असणारा पदार्थ. ह्याउलट पॉलिमर म्हणजे बहुवारिक. बहुवारिक रेणूची घडण बरेच एकवारिक रेणूंची जोडणी होऊन होते. उदा० इथिलिन हा एकवारिक रेणू आहे त्यापासून पॉलिइथिलिन हा बहुवारिक रेणू बनतो.

Motor oil (**मोटर ऑइल**).—हे तेल म्हणजे मोटर इंजिनमध्ये वापरण्यात येणारे शुद्ध केलेले वंगण तेल होय.

Motor spirit (**मोटर स्पिरिट**).—हा शब्द इंग्लंडमध्ये पेट्रोलऐवजी वापरण्यात येतो. ह्यालाच दुसरे पर्यायी शब्द म्हणजे 'गॅसोलिन' मोटार इंधन.

Naphtha (**नॅफ्था**).—खनिज तेलाच्या ऊर्ध्वपातन प्रक्रियेमध्ये पेट्रोल विभाग वेगळा झाल्यावर व केरोसीन विभाग सुरू होण्यापूर्वीचा मधला तेल विभाग. त्याच्या उत्कलनांक मर्यादा ८०° से. ते १३०° से. अशा साधारणतः असतात. त्याचे भंजन करून दुसरी रासायनिक द्रव्ये तयार करण्यासाठी त्याचा बराच उपयोग होतो. त्याचा ऑक्टेनांक अल्प असल्याने व प्रज्वलनांक (flash point) कमी असल्याने, तो तेल विभाग, केरोसीन विभाग किंवा फ्युएल तेल विभाग ह्यापासून वेगळा करणे आवश्यक असते. थोड्या प्रमाणात त्याचा उपयोग टर्बोइन्जिनाच्या विमानासाठी होतो. ओले रंग आणखी प्रवाही करण्यासाठी आणि पाण्याविना कपडे धुण्यासाठी म्हणजे ड्रायक्लिनिंगसाठी त्याचा उपयोग होतो. ह्यालाच 'जड बेन्झाइन' किंवा 'जड गॅसोलिन' असेही म्हणतात.

Naphthenes (**नॅफ्थीन्स्**) = **संतृप्त वलययुक्त हायड्रोकार्बन द्रव्ये.**—त्यांचे सर्वसाधारण सूत्र $C_n H_{2n}$ असे असते. ॲरोमॅटिक द्रव्ये ही पण वलययुक्त पण असंतृप्त असतात. असा दोहोंमध्ये फरक आहे.

Natural gas (**नॅचरल गॅस**) = **नैसर्गिक वायू.**—ह्यालाच Casing head gas (केसिंग हेड गॅस) असेही म्हणतात. त्यामध्ये प्रमुख घटक 'मिथेन' हा असतो. हा भूमिगत वायू बहुधा तेलाबरोबर बाहेर येतो. ह्या वायूमध्ये खनिज तेलाचा अंश जास्त असल्यास त्याला ओला वायू (wet gas) म्हणतात, तर तेच प्रमाण नगण्य असल्यास त्याला कोरडा वायू म्हणतात.

Natural gasoline (**नॅचरल गॅसोलिन**) = **नैसर्गिक गॅसोलिन किंवा पेट्रोल.**—नैसर्गिक वायूबरोबर मिश्रित असलेले द्रवरूप तेल. ह्या तेलामध्ये थोड्याफार प्रमाणात प्रोपेन व ब्युटेन हे वायू एकरूप झालेले असतात. ते वेगळे केल्यावर उरणाऱ्या तेलाला स्थिरावलेले गॅसोलिन म्हणतात. नैसर्गिक गॅसोलिन दुसऱ्या गॅसोलिनशी संमिश्रण करून नंतर वापरतात.

Octane number **(ऑक्टेन नंबर)** = **ऑक्टेनांक.**—पेट्रोलच्या किंवा गॅसो-लिनच्या ऑक्टेनांकावरून त्याचे आघातविरोध मूल्य ठरविले जाते. ऑक्टेनांक जेवढा जास्त तेवढे त्या तेलाचे आघातविरोध मूल्य जास्त. एका प्रमाणित इंजिनामध्ये हे आघातविरोध मूल्य ठरविले जाते. प्रथमतः आयझो-ऑक्टेन व नॉर्मल हेप्टेन ह्या दोन हायड्रोकार्बन द्रव्यांची मिश्रणे बनवितात. ह्या मिश्रणामध्ये आयझो-ऑक्टेनचे शेकडा प्रमाण १० पासून ९० पर्यंत क्रमाक्रमाने वाढवितात. तर हेप्टेनचे प्रमाण ९० पासून १० पर्यंत कमी कमी करतात. ह्या विविध कृत्रिम मिश्रणांची आघातविरोध मूल्ये म्हणजेच ऑक्टेनांक १० ते ९० असे क्रमाक्रमाने वाढत जातात. नवीन तेलाचा ऑक्टेनांक ठरवावयाचा असेल तर त्याचे आघातविरोध मूल्य कोणत्या कृत्रिम मिश्रणाशी मिळतेजुळते आहे ते पाहतात. नवीन तेलाला त्या कृत्रिम मिश्रणाचा ऑक्टेनांक देतात. ह्या मागील तत्त्व म्हणजे शुद्ध आयझो-ऑक्टेन ह्या द्रव्याचा आघातविरोध मूल्यांक किंवा ऑक्टेनांक १०० धरतात तर शुद्ध नॉर्मल हेप्टेनचा आघातविरोध मूल्यांक म्हणजेच ऑक्टेनांक ० आहे असे गृहित धरण्यात येते.

Olefin **(ऑलिफिन)** = **असंतृप्त हायड्रोकार्बन.**—सर्वसाधारण सूत्र $C_n H_{2n}$.

Petrol **(पेट्रोल)** म्हणजेच, मोटार स्पिरिट, गॅसोलिन, गॅस.

Petrolactum **(पेट्रोलॅक्टम).**—ह्यालाच पेट्रोलिअम जेली किंवा 'मिनरल जेली' असेही म्हणतात. पेट्रोलॅक्टम म्हणजे सूक्ष्म स्फटिकी मेण व तेल ह्यांचे मिश्रण असते. ह्यालाच सॉफ्ट (मऊ) पॅराफिन असेही म्हणतात.

Petroleum coke **(पेट्रोलिअम कोक).**—खनिज तेलाचे भंजन क्रियेमध्ये कोक हे एक उपद्रव्य आहे. हा कोक म्हणजेच जवळ जवळ शुद्ध कार्बन असून त्यामध्ये राखेचे प्रमाण फारच सूक्ष्म असते. तुलनेने कोळशाच्या कोकमध्ये राखेचे प्रमाण जास्त असते.

Petroleum ether **(पॅट्रोलिअम इथर).**—ह्या तेलाचा उत्कलनांक बराच कमी म्हणजे ४०° से. ते ६०° से. एवढा असून त्याची सहज बाष्पनशीलता जास्त असते. ह्याचा उपयोग मुख्यतः द्रावक म्हणून करतात.

Polymerisation (**पॉलिमरायझेशन**) = **बहुवारिकीकरण**.—एकाच पदार्थाच्या दोन किंवा अधिक एकवारिक रेणूंचा संयोग होऊन नवीन मोठ्या रेणूचा संयुग बनण्याची रासायनिक प्रक्रिया. नवीन बहुवारिक संयुगाचा रेणू हा मूळच्या रेणूभाराच्या काही पटीने मोठा असतो.

Power kerosene (**पॉवर केरोसीन**).—जास्त बाष्पनशील असे हे केरोसीन असून त्याच्या उत्कलनांक मर्यादा १५०° से. ते २६०° से. अशा आहेत. त्याचे आघातविरोध मूल्य चांगले असते. ह्या तेलाचा उपयोग ट्रॅक्टर चालविण्यासाठी करतात. ह्याला वेपोरायझिंग ऑइल (vaporising oil) म्हणजे बाष्पनशील तेल असेही म्हणतात.

Radical (**रॅडिकल**) = **मूलक**.—संयुगांच्या श्रेणीमध्ये आढळणारा अणुगट. रासायनिक अभिक्रियांमध्ये रेणूमधील हा अणुगट न बदलता तसाच राहतो. परंतु रेणूच्या इतर भागांमध्ये फेरबदल होऊ शकतात. CH_3; C_2H_5; NH_2 हे मूलक आहेत.

Promoter (**प्रमोटर**) = **वर्धक**.—उत्प्रेरकाच्या कार्यक्षमतेमध्ये पुष्कळ वाढ करणारा पदार्थ.

Rectifying column (**रेक्टिफाइंग कॉलम**) = **विशोधक स्तंभ**.—द्रवमिश्रणातून एखादे द्रव्य वेगळे करण्यासाठी पुनः पुन्हा ऊर्ध्वपातन करणारा स्तंभ.

Signal oil (**सिग्नल ऑईल**).—दीर्घकाळ दिव्यात जळणारे तेल.

Solvent extraction (**सॉल्वंट एक्स्ट्रॅक्शन**).—द्रावकाच्या साहाय्याने पृथक्करण. एकत्र मिसळलेले दोन पदार्थ वेगळे करून घेण्यासाठी द्रावकाचा उपयोग करण्याचे तंत्र. वापरावयाचा द्रावक मिश्रणातील कोणत्या तरी एका द्रव्याशी न मिसळणारा पण दुसरे द्रव्य विरघळवणारा असला पाहिजे. मिश्रणामध्ये द्रावक घालून हे नवीन मिश्रण चांगले हालविल्यावर त्या मिश्रणाचे दोन थर होतात. एक थर न मिसळणाऱ्या द्रव्याचा व दुसरा द्रावकाचा. हे दोन थर वेगळे वेगळे केल्यावर, एक शुद्ध द्रव्य व द्रावकामध्ये झालेले दुसऱ्या द्रव्याचे द्रावण ही वेगळी होतात. द्रावकाचा उत्कलनांक आत विरघळलेल्या द्रव्याच्या उत्कलनांकापेक्षा बराच कमी असावा लागतो. त्यामुळे तयार झालेल्या द्रावणाचे ऊर्ध्वपातन केल्यास द्रावकाची वाफ होते व दुसरे द्रव्य मागे शिल्लक

राहते. अशातऱ्हेने मिश्रणातील घटक पृथक होतात. विद्रावकाच्या वाफेचे संघनन करून मिळविलेला द्रावक पुनः पुन्हा वापरता येतो. त्यामुळे थोडासा द्रावक पुष्कळशा मिश्रणातील घटकांची शुद्ध स्वरूपात विभागणी करू शकतो.

Sour crude (सॉवर क्रूड) = **आंबट खनिज तेल.**—गंधकसंयुगयुक्त खनिज तेलाला आंबट तेल म्हणतात.

Sour gas (सॉवर गॅस) = आंबट वायू.—गंधक संयुगयुक्त वायू.

Stabilised gasoline (स्टॅबिलाइज्ड गॅसोलिन) = **स्थिरता आलेले गॅसोलिन.** —विभाजन करून बाष्पदाब एका विशिष्ट मर्यादेमध्ये आणलेले गॅसोलिन.

Straight run gasoline (स्ट्रेट रन गॅसोलिन) = **सरळ मिळणारे गॅसोलिन.** —ह्यासाठी भंजन क्रिया लागत नाही.

Sweet gas (स्वीट गॅस) = गंधकसयुग विरहित वायू.

Vaporised oil (वेपोराइज्ड ऑईल).—म्हणजेच पॉवर केरोसीन.

Water gas (वॉटर गॅस) **म्हणजे कार्बन मोनॉक्साइड व हायड्रोजन ह्यांचे मिश्रण.**—पाण्याची वाफ जर तापून लाल भडक झालेल्या कोकवरून सोडली तर वाफ व कार्बन (कोक) ह्यामध्ये रासायनिक अभिक्रिया होऊन वरील जळाऊ वायू मिश्रण तयार होते.

White oil (व्हाइट ऑईल) = **शुभ्र तेल.**—चांगले शुद्धीकरण करून रंगविरहित केलेला वंगण तेल विभाग. ह्याचा उपयोग औषध म्हणून किंवा प्रसाधन द्रव्यांच्या निर्मितीमध्ये करतात.

White spirit (शुभ्र स्पिरिट).—हा गॅसोलिन व केरोसीन ह्यांमधील विभाग. (उत्कलनांक १५०° से. ते २४०° से.) ह्यालाच नॅफ्था किंवा पेट्रोलिअम स्पिरिट असेही म्हणतात.

Soft paraffin (सॉफ्ट पॅराफिन).—ह्यालाच पेट्रोलॅक्टम किंवा पॅराफिन जेली असे म्हणतात.

Wild gasoline (वाइल्ड गॅसोलिन).—हे अस्थिर असे गॅसोलिन आहे. प्रसामान्य तपमान व दाब ह्यांमध्ये वायूरूप असणारी द्रव्ये ह्यामध्ये एकरूप झालेली असतात. ह्या गॅसोलिनची सहज बाष्पनशीलता जास्त असते.

परिशिष्ट दोन

पेट्रोरसायनांसाठी लागणारी आरंभ व मध्यम द्रव्ये

कार्बनी द्रव्यांचा परिचय नसणाऱ्यांना पेट्रोरसायनांच्या उद्योगांमध्ये येणाऱ्या रसायनांची नावे वाचून काही विशेष अर्थबोध होणार नाही. म्हणून त्या द्रव्यांचे स्वरूप व त्यांचे उपयोग ह्याविषयी थोडी माहिती देण्यात येत आहे.

क्रमांक	रासायनिक द्रव्ये	(१) विशिष्ट गुण (२) विशिष्ट घनता	गोठणांक ° से.	उत्कलनांक ° से.	उपयोगाचे क्षेत्र
१	२	३	४	५	६
१	ॲक्रिलो-नायट्राइल (Acrilo-nitrile)	रंगहीन द्रव, ०.८००४	...	+७७°	बुना-N, संश्लेषित रबर प्लॅस्टिक, संश्लेषित तंतु पॉलि ॲक्रिलो नायट्राइल वगैरेच्या निर्मितीमध्ये.
२	ॲडिपिक आम्ल (Adipic acid)	रंगहीन ते पिवळसर स्फटिक १.३६०	+१५२°	+२६५°	नायलॉन, हेक्झामिथिलिन डायअमिन, प्लॅस्टिक, रेझिन, संश्लेषित रबर, ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
३	ॲडिपो-नायट्राइल (Adipo-nitrile)	रंगहीन द्रव	...	...	नायलॉनसाठी लागणाऱ्या हेक्झामिथिलिन डायअमिनच्या निर्मितीमध्ये.
४	ॲनिलिन (Aniline)	रंगहीन तेलकट द्रव १.०२३	−६.२°	+१८४°	रंगद्रव्ये, मध्यमद्रव्ये, रबर त्वरक, ऑक्सिडीभवनरोधी, औषधी, प्लॅस्टिक व स्फोटक द्रव्यांच्या निर्मितीसाठी.
५	n ॲमिल आल्कोहॉल (n Amyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०.८१२	...	+१३७°	ॲमिल ॲसिटेड, लाखरोगण, द्रावक व आकार्यता साहाय्यक ह्यांच्या निर्मितीसाठी व रबर वल्कनायझेशनसाठी उपयोग.
६	n ॲमिल-क्लोराइड (n Amyl chloride)	रंगहीन द्रव, ०.८८३	...	...	ॲमिलचे दुसरे संयुग तयार करण्यासाठी व रबर, सीमेंट व द्रावक म्हणून उपयोग.

७	अॅमोनिअम् नायट्रेट (Ammonium nitrate)	रंगहीन किंवा सफेद स्फटिक १.७२५.	+१७०°	...	खत म्हणून, नायट्रोजनचे ऑक्साइड शोषक म्हणून व नायट्रस ऑक्साइड व कीटकनाशक ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
८	अॅमोनिअम् सल्फेट (Ammonium sulphate)	पांढरा ते पिंगट रंगाचे स्फटिक १.७७.	...	...	खत, अग्निविरोधक, पाण्याचे शुद्धीकरण, ह्यासाठी व कापड धंद्यामध्ये उपयोग.
९	अॅमोनिआ (Ammonia)	रंगहीन वायू किंवा द्रव ०.७७ (द्रवरूप).	−३३°	...	नायट्रिक आम्ल, अॅमोनिअम् नायट्रेट, अॅमोनिअम् सल्फेट, युरिआ, हायड्रझिन, वगैरे द्रव्यांच्या निर्मितीसाठी व प्रशीतकामध्ये व द्रावक म्हणून उपयोग.
१०	अॅलिल आल्कोहोल (Allyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०.८५२	−१२९°	+९७°	प्लॅस्टिक, सुगंधी, स्वादकारी, औषधी वगैरे द्रव्यांच्या निर्मितीसाठी.
११	अॅलिल क्लोराइड (Allyl chloride)	रंगहीन द्रव, ०.९३८	...	+४५°	प्लॅस्टिक, वार्निश, आसंगी द्रव्ये व अॅलिल आल्कोहोल ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
१२	अॅसिटॅनिलाइड (Acetanilide)	पांढऱ्या स्फटिकी पत्र्या १.२१	+११६°	+३०३°	सेल्युलोज एस्टर, लाख, रोगणाला स्थिरता आणण्यासाठी व रंगद्रव्ये, मध्यम द्रव्ये, औषधी द्रव्ये ह्यांच्यासाठी उपयोग.
१३	अॅसिटाल्डिहाइड (Acetaldehyde)	रंगहीन द्रव, ०.७८	−१२३°	+२०.२°	अॅसिटिक आम्ल, अॅसिटिक अॅन्हायड्राइड, ब्युटिल आल्कोहोल, फिनॉलिक रेझिन, संश्लेषित रबर, ह्यांची निर्मिती
१४	अॅसिटिलिन (Acetylene)	रंगहीन वायू	...	−८४°	व्हायनिल क्लोराइड, निओप्रिन संश्लेषित रबर, व्हायनिल अॅसिटेट, अॅसिटिलिन काजळी, विद्युत वाहक रबर व प्लॅस्टिक ह्यांच्या निर्मितीसाठी
१५	अॅसेटिक आम्ल (Acetic acid)	रंगहीन द्रव, १.०५१	+१६°	+११८°	अॅसेटिक अॅन्हायड्राइड, संश्लेषित तंतू व प्लॅस्टिक ह्यांच्या उत्पादनासाठी व संश्लेषित रबर ह्यासाठी साकलक, आम्लीकारक, द्रावक वगैरेसाठी.
१६	अॅसेटिक अॅन्हायड्राइड (Acetic anhydride)	रंगहीन द्रव, १.०८३	...	+१४०°	अॅसिटेट रेयॉन व सेल्युलोज अॅसिटेट ह्यांच्या उत्पादनामध्ये.

क्रमांक	रासायनिक द्रव्ये	(१) विशिष्ट गुण (२) विशिष्ट घनता	गोठणांक ° से.	उत्कलनांक ° से.	उपयोगाचे क्षेत्र
१	२	३	४	५	६
१७	ॲसिटिलिन ब्लॅक (Acetylene black)	कार्बन ब्लॅकपेक्षा जास्त ग्रॅफाइटरूप घन.	...	...	ॲसिटिलिन पासून बनवितात. कोरड्या विजेरी घटामध्ये उपयोग व नैसर्गिक रबरामध्ये पूरक म्हणून उपयोग
१८	ॲसिटोन (Acetone)	रंगहीन द्रव, ०.७९७	−९४°	+५६°	प्लॅस्टिक, पृष्ठलेपन, आसंगी द्रव्ये ह्यांच्यासाठी, मेण शुद्धीकरणामध्ये व द्रावक, ॲसिटिलिन् शोषक म्हणून त्याचा उपयोग.
१९	आयसोब्युटिल आल्कोहोल (Isobutyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०.८०६	−१०८°	+१०७°	द्रावक म्हणून व आयसोब्युटिल ॲसिटेट, आयसोब्युटिल आल्डिहाइड ह्यांच्या निर्मितीसाठी व रंग काढून टाकण्यासाठी उपयोग.
२०	आयसो ब्युटिलिन (Iso butylene)	रंगहीन वायू, ०.६	−१३९°	−७°	आल्किलेट व बहुवारिकी गॅसोलिन व ब्युटिल रबर ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
२१	आयसो-ऑक्टिल आल्कोहोल (Iso-octyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०.८३२	...	+१८२° ते १९५°	द्रावक, पायसीकारक, फेणरोधी म्हणून व आकार्यता साहाय्यक संश्लेषित घट्ट होणारी तेले, ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
२२	आयसोप्रिन (Isoprene)	रंगहीन द्रव, ०.६८	...	+३४°	ब्युटिल व अन्य संश्लेषित रबर प्लॅस्टिके व रसायने ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
२३	आयसोप्रॉपिल आल्कोहोल (Isopropyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०.७८६	−८६°	+८२°	लाख रोगण, ॲसिटोन, गोठणरोधी, द्रावक, निष्कर्षक, व निर्जलक ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
२४	आयसोथॅलिक आम्ल (Isophthalic acid)	पांढरे स्फटिकयुक्त घन	+३५०°	...	पृष्ठलेपन, आकार्यता साहाय्यक, पॉलिएस्टर रेझिन ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
२५	इथेनॉल अमिन (Ethanol amine)	रंगहीन तेलकट द्रव, १.०२	...	+१७०°	अमोनिआची निर्मिती व निर्मलक व औषधी द्रव्ये ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
२६	इथिल आल्कोहोल (Ethyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०.८	...	+७८°	द्रावक म्हणून, ॲसिटाल्डिहाइड, इथिल ॲसिटेट, इथर, क्लोरोफॉर्म, आयडोफॉर्म ब्युटाडिन, संश्लेषित रबर, संश्लेषित औषधीद्रव्ये ह्यांच्या निर्मितीसाठी.

२७	इथिल क्लोराइड (Ethyl chloride)	.. रंगहीन वायू, ०.९२१ (द्रवरूप)	−१४०°	+१२·५°	टेट्राइथिल लेड व इथिल सेल्युलोज प्रशीतनकारक द्रव्य म्हणून व फॉस्फरस, गंधक, रेझिन, तेल व मेण ह्यांचा द्रावक म्हणून.
२८	इथिल बेंझिन (Ethyl benzene)	.. रंगहीन द्रव, ०.८६० ..	...	+१३६°	स्टायरिनच्या निर्मितीमध्ये, मध्यम द्रव्य, द्रावक व विरलकारक म्हणून उपयोग.
२९	इथिलिन् (Ethylene)	.. रंगहीन वायू, ०.६ (द्रवरूपामध्ये)	−१६९°	−१०२°	इथिलिन ग्लायकॉल, इथिल आल्कोहॉल, इथिलिन डाय ब्रोमाइड, इथिलिन डायक्लोराइड, स्टायरिन, वगैरेंच्या निर्मितीसाठी.
३०	इथिलिन ऑक्साइड (Ethylene Oxide)	.. रंगहीन वायू, ०.८७ (द्रवरूप)	−१११°	+१०°	इथिलिन ग्लायकॉल, इथेनॉल अमिन ॲक्रिलोनायट्राइल, इथिलिन डायक्लोराइड ह्यांच्या निर्मितीसाठी व मध्यम द्रव्य म्हणून.
३१	इथिलिन ग्लायकॉल (Ethylene glycol)	.. रंगहीन द्रव, १.११ ..	...	+१९७°	गोठण रोधी द्रावक व रासायनिक मध्यम द्रव्य म्हणून आणि संश्लेषित तंतु, रेझिन, औषधी द्रव्ये वगैरेंच्या निर्मितीसाठी.
३२	इथिलिन डायअमिन् (Ethylene diamine)	.. रंगहीन द्रव, ०.९ ..	+८.५	+११७°	तेल व मेण ह्यांच्यासाठी द्रावक आणि रबर-त्वरक व आसंगी द्रव्ये म्हणून उपयोग होतो.
३३	इथिलिन डायक्लोराइड (Ethylene dichloride)	.. रंगहीन तेलकट द्रव, १.२५	...	+८३°	तेल, मेण, रबर व प्लॅस्टिक ह्यांसाठी द्रावक, टेट्राइथिल लेड, लाखरोगण, पेंट घालविण्यासाठी, आर्द्रक म्हणून व इथिलिन डायअमिन ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
३४	इथिलिन डायब्रोमाइड (Ethylene dibromide)	.. रंगहीन द्रव, २.१७ ..	..	+१३१°	टेट्रा इथिल लेड, ह्या आघात विरोधी द्रव्यासाठी, प्लॅस्टिक तेल व मेण ह्यांचा द्रावक म्हणून, जलरोधी संयुगे तयार करण्याच्या कामी आणि सेल्युलाइड ह्यांच्या निर्मितीसाठी
३५	इपॉक्सि रेझिन (Epoxy resin)	.. ..	...	...	फिनॉल, ॲसिटोन व इपिक्लोरोहायड्रिन ह्यांच्या संयोगीकरणाने होणारे, पृष्ठलेपन, आसंगी द्रव्ये व प्लॅस्टिक पटलिनासाठी.

क्रमांक	रासायनिक द्रव्ये	(१) विशिष्ट गुण (२) विशिष्ट घनता	गोठणांक ° से.	उत्कलनांक ° से.	उपयोगाचे क्षेत्र
१	२	३	४	५	६
३६	कॅप्रोलॅक्टम (Caprolactum)	सफेत स्फटिक, १.०५ (७० टक्के द्रावणाचे)	+६८	...	संश्लेषित तंतु, विशेषतः नायलॉन ६ व प्लॅस्टिक ह्यांच्या निर्मितीसाठी व लेपन, संश्लेषित चामडे, आकार्यता साहाय्यक ह्यांसाठी उपयोग.
३७	क्युमिन (Cumene)	रंगहीन द्रव, ०.८६२	..	+१५२°	विमानाच्या पेट्रोलचा एक घटक व लाख रोगण व रासायनिक द्रव्ये ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
३८	कार्बन टेट्राक्लोराइड (Carbon tetra chloride)	रंगहीन द्रव, १.५८	...	+७६°	द्रावक म्हणून, फ्रिऑन, क्लोरोफॉर्म तयार करण्यासाठी व क्लोरिनयुक्त कार्बनी रसायने, रेझिन व लाख रोगणे ह्यांच्यासाठी उपयोग.
३९	कार्बन डायसल्फाइड (Carbon disulphide)	रंगहीन द्रव, १.२६	...	+४६°	व्हिस्कोज, रेयॉन, कार्बन टेट्राक्लोराइड, रबराच्या वस्तू, वार्निश, लाख रोगणे ह्यांच्या निर्मितीसाठी किंवा रंगलेप, वार्निश रोगण काढून टाकण्यासाठी व रेझिन, रबर, मेण व गंधक ह्यांचा द्रावक म्हणून उपयोग.
४०	कार्बन डायॉक्साइड (Carbon dioxide)	रंगहीन वायू, दाबाखाली सफेत घनरूप किंवा रंगहीन द्रव	...	−७८°	रासायनिक मध्यम म्हणून निर्जलक, प्रशीतनकारक, निष्क्रिय वातावरणासाठी किंवा निर्वातावस्था तयार करण्यासाठी उपयोग.
४१	कार्बन ब्लॅक (Carbon black)	काळीपूड, १.८ ते २.१	...	४,२००°	रबराबरोबर संमिश्रणासाठी व शाई, काळे रोगण ह्यामध्ये दर्शक म्हणून उपयोग होतो.
४२	क्रेसॉल (Cresol)	पिवळसर द्रव	...	...	प्लॅस्टिक, आकार्यता साहाय्यक, कीटकनाशके ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
४३	क्लोरिनेटेड पॅराफिन (Chlorinated paraffin)	पिवळसर रंगाचा द्रव किंवा रेझिनसारखा घन	...	...	आकार्यता साहाय्यक म्हणून व पुष्कळ दाबाखालीही कार्यक्षम वंगण व पूरक द्रव्य म्हणून गंजरोधी रंगलेप म्हणून उपयोग होतो.
४४	क्लोरोफॉर्म (Chloroform)	रंगहीन द्रव, १.५	...	+६१°	द्रावक म्हणून व कीटकनाशके कृमिनाशी व प्लॅस्टिक ह्यांच्या निर्मितीसाठी

४५	ग्लिसरीन (Glycerine) ..	रंगहीन ते पिवळसर रंगाचा द्रव १.२६६	+१८°	+२९०°	आल्किड रेझिनें, संश्लेषित तंतू ह्यांच्या निर्मितीसाठी व द्रावक, गोठणरोधी व आकार्यता साहाय्यक म्हणून उपयोग.
४६	o. झायलिन (ortho xylene) ..	रंगहीन द्रव, ०.८८ ..	−२५°	+१४४°	थॅलिक अॅन्हायड्राइड ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
४७	m. झायलिन (meta xylene).	रंगहीन द्रव, ०.८६८ ..	−४७°	+१३९°	आयसो थॅलिक अॅन्हायड्राइड निर्मितीसाठी व द्रावक म्हणून उपयोग.
४८	p. झायलिन (para xylene) ..	रंगहीन द्रव किंवा स्फटिक ०.८६१	+१३.२°	+१३८°	रासायनिक मध्यम म्हणून व संश्लेषित तंतू व आकार्यता साहाय्यक ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
४९	टाल्युइन (Toluene) ..	रंगहीन द्रव, ०.८६६ ..	−९४°	+११०°	द्रावक म्हणून उच्च ऑक्टेनांकयुक्त सुमिश्रणाचा घटक म्हणून व रंग औषधी द्रव्ये, स्फोटक द्रव्ये ह्यासाठी लागणारे मध्यम रसायन द्रव्य म्हणून उपयोग.
५०	ट्राय-इथेनॉल अमिन (Tri ethanol amine) ..	रंगहीन द्रव, १.१२ ..	+२१.२°	+३३५°	द्रावक व गंज प्रतिबंधक व पायसकारक स्वच्छता प्रकोपन कारक म्हणून व प्लॅस्टिक ह्यांच्या उत्पादनासाठी उपयोग होतो.
५१	ट्रायइथिलिन ग्लायकॉल (Tri ethylene glycol) ..	रंगहीन द्रव, १.१२ ..	...	+२८७°	द्रावक म्हणून व रासायनिक मध्यम व रेझिनें, लाखरोगणें, नैसर्गिक वायूच्या निर्जलीकरणासाठी उपयोग.
५२	ट्रायक्लोरो इथिलिन (Trichloro ethylene) ..	रंगहीन द्रव, १.४६ ..	−७३°	+८६°	ग्रीज काढून टाकण्यासाठी व मलिन कपडे पाण्याशिवाय धुण्यासाठी एक द्रावक म्हणून उपयोग.
५३	टेरेफ्थॅलिक आम्ल (Terephthalic acid) ..	पांढरे स्फटिक किंवा पूड १.५१	...	...	ग्लायकॉलशी संयोग झाल्यावर त्या संयुगापासून रेझिन, तंतू फिल्म ह्यांची निर्मिती करण्यासाठी.
५४	डायइथिलिन ग्लायकॉल (Diethylene glycol) ..	रंगहीन द्रव, १.११८ ..	...	+२४६°	द्रावक, गोठणरोधी, नैसर्गिक वायू निर्जलक म्हणून व प्लॅस्टिकच्या निर्मितीसाठी.
५५	डायनायट्रो-अॅनिलिन (Dinitro aniline) ..	पिवळे स्फटिक, १.६१५ ..	+१८८°	...	अॅझोवर्णक निर्मितीसाठी व गंज प्रतिबंधक म्हणून उपयोग.
५६	डायप्रॉपिलिन ग्लायकॉल Dipropylene glycol.) ..	रंगहीन द्रव, १.०२५ ..	...	+२२३°	सेल्युलोज अॅसिटेट, नायट्रोसेल्युलोज ह्यांसाठी : द्रावक व लाख-रोगणें, पृष्ठलेपन आणि आकार्यता साहाय्यक ह्यांच्या निर्मितीसाठी.

क्रमांक	रासायनिक द्रव्ये	(१) विशिष्ट गुण (२) विशिष्ट घनता	गोठणांक ° से.	उत्कलनांक ° से.	उपयोगाचे क्षेत्र
१	२	३	४	५	६
५७	नॅफ्थॅलिन (Naphthalene) ..	पांढऱ्या पत्र्या किंवा पूड .. १.१४५	+८०°	+२१८°	फ्थॅलिक ॲन्हायड्राइड व बीटा नॅफ्थॉल, ऑक्सिडीरोधक व रॅझिनचा द्रावक म्हणून व कीटकनाशके, बुरशीनाशके, स्फोटकद्रव्ये, लाख रंगणे, वार्निश रोगणे ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
५८	नॅफ्थनिक आम्ल (Naphthenic acid) ..	काळ्या रंगाचा द्रव ..	...	...	रंग रोगणे कोरडी करणारी द्रव्ये तीव्र दाबाखाली वंगणे कार्यक्षम ठेवणारी पूरक द्रव्ये ह्यांच्यासाठी लागणारी ऑर्गॅनोमेटॉलिक क्षार तयार करण्यासाठी.
५९	m. नायट्रो ॲनिलिन (meta nitroaniline) ..	पिवळे स्फटिक, १.४१ ..	+१११°	+२८५°	रंग द्रव्ये तयार करण्यासाठी लागणारे मध्यम द्रव्य म्हणून.
६०	o. नायट्रो ॲनिलिन (ortho nitro aniline) ..	नारंगी स्फटिक, १.४४३ ..	+७०°	..	कार्बनी संश्लेषणासाठी व रंग द्रव्यासाठी मध्यम द्रव्य म्हणून व फोटोग्राफीच्या फिल्मचा धुरकटपणा टाळणारे द्रव्य म्हणून उपयोग.
६१	p. नायट्रो ॲनिलिन (paranitro-aniline) ..	पिवळे स्फटिक, १.४३७ ..	+१४८°	...	रंगद्रव्यांच्या निर्मितीसाठी मध्यम म्हणून व कुक्कुट औषधासाठी आणि गंजरोधी, ऑक्सिडीरोधी म्हणून उपयोग.
६२	नायट्रोजन (Nitrogen) ..	रंगहीन वायू ०.९६७३ .. (द्रवरूप)	−२१०°	−१०५°	ॲमोनिआ, ॲक्रिलोनायट्राइल सायनामाइड् सायनाइड, वगैरे वगैरे नायट्रोजनयुक्त संयुगांसाठी.
६३	नायट्रो-बेन्झिन (Nitro-benzene) ..	चमकदार पिवळे स्फटिक किंवा तेलकट द्रव, १.१९८६	+५.७°	+२१०°	ॲनिलिन निर्मितीसाठी, सेल्युलोज इथरसाठी द्रावक म्हणून, धातू स्वच्छ करणाऱ्या द्रावकाचा घटक म्हणून, बेन्झिडिन, ॲझोबेन्झिन, क्विनोलिन वगैरे द्रव्यांच्या निर्मितीसाठी लागणारे साधन रसायन द्रव्य.
६४	फ्थॅलिक ॲन्हायड्राइड (Phthalic anhydride) ..	पांढऱ्या वड्या किंवा सुईसारखे स्फटिक, १.५२७	+१३१°	+२८५°	संश्लेषित रेझिन आकार्यता साहाय्यक, कीटक परिसारक ह्यांच्या निर्मितीसाठी.

६५	पॉलिइथिलिन (Polyethylene)	रंगहीन द्रव किंवा पांढरा घन (रेणूच्या आकारानुसार)	...	...	पातळ प्लॅस्टिक ताव, वेष्टन कागद, पृष्ठरोपण, पाण्यातून काढलेल्या पेट्या, पाळे, नळ, नळ्या, विद्युत-वाहक तारांवरील वेष्टन वगैरेसाठी उपयोग.
६६	पॉलिप्रोपिलिन (Polypropylene)	घनरूप ०.९०	+१६८°	...	औतीव कामासाठी, उद्रेकी कामासाठी आणि फिल्म, ताव, ह्यांच्यासाठी लागणारे प्लॅस्टिक म्हणून उपयोग.
६७	पॉलिव्हायनिल आल्कोहोल (Poly vinyl alcohol)	पांढरा ते पिवळा अशा रंगाची वर्णहीन व गंधहीन, हलकी पूड.	...	...	कागद व चामडे ह्यांच्या निर्मितीमध्ये परिष्करण-कारक व ग्रासणी द्रव्य आणि प्रसाधने व कीटक-नाशके ह्यांमध्ये उपयोग.
६८	पॉलिस्टायरिन (Poly styrene)	रंगहीन घन.	...	...	साचे काम, उद्रेकी काम, औतीव काम, पृष्ठ परिष्करण व कागद-पटल ह्याकामी उपयोग.
६९	प्रोपिल आल्कोहोल (Propyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०.८०४	−१२७°	+९७°	द्रावक व रासायनिक मध्यम द्रव्य म्हणून व प्रसाधने, संश्लेषित रेझिन व लकाकी देणाऱ्या मिश्रणा-साठी उपयोग.
७०	प्रोपिलिन (Propylene)	रंगहीन वायु, ०.५१ (द्रवरूपा-मध्ये).	−१८५°	−४७°	पॉलिप्रोपिलिन, प्लॅस्टिक द्रव्यांसाठी व ऑक्सिल आल्कोहोल आणि आयसोप्रोपिल आल्कोहोलसाठी लागणारे मध्यम द्रव्य म्हणून उपयोग होतो.
७१	प्रोपिलिन ऑक्साइड (Propylene oxide)	रंगहीन द्रव, ०.८३०	...	+३४°	नायट्रो सेल्युलोज, सेल्युलोज ॲसिटेटसाठी द्रावक म्हणून आणि निर्मूलक ह्यासाठी उपयोग.
७२	प्रोपिलिन ग्लायकॉल (Propylene glycol)	रंगहीन द्रव, १.०३८	...	+१८७°	तेल, मेण व रेझिन ह्यांसाठी द्रावक, आल्किड रेझिन, आकार्यता साह्यक ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
७३	प्रोपिलिन डाय क्लोराइड (Propylene dichloride)	रंगहीन द्रव, १.१५८	...	+९६°	मेण, तेले, रेझिन, सेल्युलोज एस्टर आणि इथर ह्यांच्यासाठी द्रावक म्हणून उपयोग.
७४	फॉर्मॅल्डिहाइड (Formalde hyde)	रंगहीन वायु	−११८°	−१९°	फॉर्मिक आम्ल, युरिया, हेक्सामिथिलिन टेट्रामिन, ॲसिटाल्डिहाइड, पेंटा फॉर्मॅल्डिहाइड ह्यांच्या निर्मितीसाठी.

क्रमांक	रासायनिक द्रव्ये	(१) विशिष्ट गुण (२) विशिष्ट घनता	गोठणांक ° से.	उत्कलनांक ° से.	उपयोगाचे क्षेत्र
१	२	३	४	५	६
७५	फॉर्मिक आम्ल. (Formic acid)	रंगहीन द्रव उग्रवास, १.२२	+८.३°	+१०१°	गिरणीमध्ये रंगखाते व संस्करणखाते ह्यामध्ये व विद्युत लेपनासाठी व औषधासाठी, ऑक्झॅलिक आम्ल, धूरीदायक कीटकनाशके, प्रशीतककारक व सुगंधी द्रव्ये, लाख रोगणे, ह्यामध्ये द्रावक म्हणून उपयोग होतो.
७६	१.३ ब्युटाडाइन (1.3 Butadiene)	रंगहीन वायू ० ६२१ (द्रवरूप).	...	−४°	स्टायरिनशी, सहबहुवारिकीकरणाने संश्लेषित रबर (G.R.S.) किंवा (G.R.N.) ह्यांच्या निर्मितीसाठी
७७	n. ब्युटिल आल्कोहोल (Norm. Butyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०·८१	...	+११७°	द्रावक म्हणून व एस्टर्स, रेयॉन, लाखरोगण, स्वच्छ करणारे द्रावण, रंग काढणारे द्रव्य, रंग, वार्निश आणि एनामल ह्यांच्या निर्मितीमध्ये.
७८	Sec. ब्युटिल आल्कोहोल (Sec. Butyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०·८०८	−११४°	+९९°	मिथिल इथिलकिटोनच्या निर्मितीसाठी, लाखरोगण तयार करण्यासाठी रंग पातळ करणारा द्रव म्हणून उपयोग.
७९	ब्युटिलिन १ (Butylene 1)	रंगहीन वायू ०·५९ (द्रवरूपामध्ये)	...	−६·३°	आल्किलेट, गॅसोलिन, ब्युटाडिन व अन्य रसायने ह्यांच्या निर्मितीमध्ये.
८०	ब्युटिलिन २ (Butylene 2)	रंगहीन वायू, ० ६२१ (द्रवरूपात)	..	+३.७°	आल्किलेट गॅसोलिन, ब्युटाडाइन व अन्य रसायने ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
८१	n. ब्युटिरिक आम्ल. (Normal Butyric acid)	रंगहीन द्रव, ०·९५८	...	+१६३°	सेल्युलोज ब्युटिरेट व सेल्युलोज ॲसिटेट, ब्युटिरेट प्लॅस्टिक, आकार्यता साहाय्यक, लाखरोगणे ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
८२	बेन्झाल्डिहाइड (Benzaldehyde)	रंगहीन पिवळसर द्रव (कडू बदामाचा वास) १·०४	.	+१७८°	स्वादकारी द्रव्ये, कडू बदाम किंवा चेरी ह्यांच्या स्वादासाठी साबणांमध्ये वासासाठी व रंग किंवा इतर संश्लेषित द्रव्यांसाठी व तेल, रेझिन, सेल्युलोज इथर-नायट्रेट ह्यांच्या द्रावकासाठी आणि औषधांसाठी उपयोग.

८३	बेन्झिन (Benzene)	रंगहीन द्रव, ०·८७९	+५°	+८०°	फिनॉल, स्टायरिन, नायलॉन, निर्मलक, ॲनिलिन, मॅलिइकॲन्हायड्राइड, फ्यॅलिक ॲन्हायड्राइड डायफेनिल नायट्रोबेन्झिन व क्लोरोबेन्झिन ह्यांच्या निर्मितीसाठी द्रावक; उच्च ऑक्टेनांक गॅसोलिनचा, वार्निशचा, लाखरोगणाचा घटक म्हणून उपयोग.
८४	बेन्झिन हेक्साक्लोराइड (Benze hexachloride)	पांढऱ्या ते पिवळसर रंगाचा घन	+११२°	...	कीटकनाशके व तृणमारके ह्यामध्ये उपयोग.
८५	बेन्झॉइक आम्ल (Benzoic acid)	पांढरे स्फटिक, १·२६५	+१२१°	+२४९°	तंबाकू मुरवण्यासाठी व बेन्झोएटच्या निर्मितीसाठी कापड छपाईमध्ये रंग बंधक म्हणून, कार्बनी रसायनांच्या संश्लेषणासाठी, परिरक्षक, प्रतिपूतिक ह्यांच्या व सुगंधी व स्वाद द्रव्ये ह्यांच्या निर्मितीसाठी उपयोग.
८६	बेन्झिल आल्कोहॉल (Benzyl alcohol)	रंगहीन द्रव, १·०४	...	+२०६°	रंग, मेण, रेझिन, सेल्युलोज, एस्टर ह्यांसाठी, द्रावक बेन्झिल, एस्टर, इथर, औषधे, कापडधंद्यातील रसायन मिश्रणासाठी, रेझिन, स्वादकारी द्रव्ये ह्यांच्या निर्मितीमध्ये व मध्यम द्रव्य म्हणून उपयोग होतो.
८७	बेन्झिलक्लोराइड (Benzyl chloride)	रंगहीन द्रव, १·०९	−४३°	+१७९°	रंग, सुगंधी द्रव्ये, औषधे, संश्लेषित रेझिने, रबरत्वरक, ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
८८	मॅलिक अन्हायड्राइड (Malic anhydride)	सुईच्या आकाराचे किंवा बकल्याच्या आकाराचे पांढरे स्फटिक, ०·९३४.	+५३°	+२००°	रासायनिक मध्यम म्हणून व प्लॅस्टिक द्रव्ये व रेझिने ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
८९	मिथिल आल्कोहॉल (Methyl alcohol)	रंगहीन द्रव, ०·७९२	−९८°	+६४°	गोठणरोधी, विप्रकृत इथिल आल्कोहॉलसाठी, सामान्य द्रावक, फॉर्मॅल्डिहाइड, डायमिथिल अमीन व अन्य रसायने तयार करण्यासाठी.
९०	मिथिल इथिल किटोन (Methyl ethyl ketone)	रंगहीन द्रव, ०·८२५.	...	+७९°	द्रावक व रासायनिक मध्यम म्हणून व लाखरोगण, सेल्युलॉइड ह्यांच्यासाठी व वार्निश काढून टाकण्यासाठी उपयोग.

क्रमांक	रासायनिक द्रव्ये	(१) विशिष्ट गुण (२) विशिष्ट घनता	गोठणांक ° से.	उत्कलनांक ° से.	उपयोगाचे क्षेत्र
१	२	३	४	५	६
९१	मिथिल क्लोराइड (Methyl chloride)	रंगहीन वायू	−९७°	−२३°	प्रशीतनकारक, द्रावक, अर्क काढणारे द्रव, रासायनिक द्रव्यामध्ये मिथिल गटाचा अंतरभाव करण्यासाठी उपयोग होतो.
९२	मिथिलीन क्लाराइड (Methylene chloride)	रंगहीन द्रव, १·३३५.	−९७°	+४०°	द्रावक, प्रशीतनकारक, अग्निशामक द्रव्य, अर्क काढणारे द्रव्य, रासायनिक मध्यम व एरोसोलचा घटक म्हणून उपयोग.
९३	मिथिल मर्कॅप्टन (Methyl mercaptan)	रंगहीन द्रव किंवा वायू	−१२१°	+६°	मिथिओनिनच्या संश्लेषणासाठी, व प्लॅस्टिके, जेट इंधनामध्ये पूरक, दुरशीनाशके व उत्प्रेरक म्हणून वापरण्याची शक्यता आहे.
९४	मिथिल स्टायरिन (Methyl styrene)	रंगहीन द्रव, ०·९०६.	−२३°	+१६५°	प्लॅस्टिके, संश्लेषित रबर व अन्य उच्च बहुवारिके संयुगे बनविण्यासाठी उपयोग.
९५	मोनोक्लोरोॲसेटिक आम्ल (Monochloroacetic acid)	रंगहीन ते फिकट पिवट रंगाचे जल शोषक स्फटिक, १·३७.	+६१°	+१८९°	रंगद्रव्ये, औषधे तृण मारके ह्यांच्या संश्लेषणासाठी उपयोग
९६	मेटा नायट्रोॲनिलिन (Metanitroaniline)	पिवळे स्फटिक, १·४३	+११२°	+२८५°	रंग द्रव्यांच्या निर्मितीसाठी मध्यम द्रव म्हणून उपयोग.
९७	युरिआ (Urea)	पांढरे स्फटिक किंवा पूड १·३३५	+१३२°	...	खत म्हणून व रासायनिक मध्यम म्हणून आणि प्लॅस्टिक, आसंगी द्रव्ये व अग्निविरोधक रोगण ह्यांच्या निर्मितीमध्ये.
९८	युरिथेन (Urethane)	रंगहीन स्फटिक किंवा पांढरी पूड, ०·९८६२	+४९°	+१८०°	मध्यम द्रव म्हणून किंवा औषधे कीटकनाशके, बुरशी नाशके ह्यांचा द्रावक म्हणून व औषधांच्या संशोधना-साठी उपयोग होतो.
९९	रेसॉर्सिनाल (Resorcinol)	पांढरे स्फटिक, १·२७१	+११०°	+२८१°	रंगद्रव्ये, संश्लेषित रेझिन, औषधी द्रव्ये, चामडे कमाविण्याचे द्रव्य ह्यांच्या निर्मितीमध्ये उपयोग.

१००	व्हायनिल ॲसिटेट (Vinyl acetate)	रंगहीन द्रव, ०·९३४५	−१००°	+७३°	पॉलिव्हायनिल ॲसिटेट, पॉलिव्हायनिल आल्कोहॉल, रेझिने ह्यांच्या निर्मितीमध्ये, आसंगी द्रव्ये व कापडाचे परिष्करण ह्यासाठी उपयोग आहे.
१०१	व्हायनिल क्लोराइड (Vinyl chloride)	रंगहीन वायू	...	−१४°	व्हायनिल प्लॅस्टिक व प्रशीतनकारक ह्यांच्या निर्मितीसाठी व कार्बनी द्रव्यांच्या संश्लेषणासाठी उपयोग होतो.
१०२	सल्फर (गंधक) (Sulphur)	पिवळा घन अस्फटिकी १·९५६	...	...	सल्फ्यूरिक आम्ल, प्लॅस्टिक, कागद, खते व कुरतडनाशके ह्यांच्या निर्मितीसाठी व रबराचे व्हल्कनायझेशन ह्यासाठी उपयोग.
१०३	सायक्लोहेक्सेन (Cyclohexane)	रंगहीन द्रव, ०·७७९	...	+८०°	तेल, मेण, सेल्युलोज इथर्स, असंस्कारित रबर, रेझिन ह्यांचा द्रावक म्हणून व ॲडिपिक आम्ल ह्यांच्या निर्मितीसाठी व रोगण व वार्निश काढून टाकण्यासाठी उपयोग.
१०४	सायक्लोहेक्सिल अमीन (Cyclohexyl amine)	रंगहीन द्रव, ०·८६५	..	+१३४°	रंगद्रव्ये, कीटकनाशके, औषधे ह्यांच्यासाठी व रासायनिक मध्यम द्रव्य म्हणून उपयोग.
१०५	स्टायरिन (Styrene)	रंगहीन ते पिवळसर द्रव, ०·९०५	..	+१४५°	पॉलिस्टायरिन, प्लॅस्टिक, संश्लेषित रबर व रेझिन ह्यांच्या निर्मितीसाठी उपयोग.
१०६	हायड्रोजन (Hydrogen)	रंगहीन वायू, ०.०६९	−२५९°	−२५२°	ॲमोनिआ, मिथिल आल्कोहॉल व अन्य कार्बनी रसायने ह्यांच्या निर्मितीसाठी व हायड्रोजनीकरण प्रक्रिया ह्यासाठी उपयोग.
१०७	हायड्राझिन (Hydrazine)	रंगहीन द्रव, १.००४	...	−११३°	रॉकेट इंधन, द्रावक, क्षपणक व रासायनिक मध्यम द्रव्य म्हणून उपयोग.
१०८	हायड्रोसायनिक आम्ल (Hydrocyanic acid)	हायड्रोजन सायनाइड वायूचे द्रावण.	...	+२५°	ॲक्रिलोनायट्राइल, ॲक्रिलो-ॲडिपो नायट्राइल, सायनाइड क्षार, रंगद्रव्ये, धुरीकारक, रबर व प्लॅस्टिक ह्यांच्या निर्मितीसाठी.
१०९	हेक्झामिन (Hexamine)	पांढरी स्फटिकयुक्त पूड १.२७	+२८०°	...	प्रतिपूतिक, फॉस्जिन शोषक, त्वरात्वरक, संश्लेषित रेझिन ह्यांच्या निर्मितीसाठी. □ □

परिशिष्ट तीन

पारिभाषिक शब्दावली

(१) मराठी–इंग्रजी

अकार्बनी संयुग = Inorganic Compound
अग्निज = Igneous
अग्निरोधक = Fire proof
अग्नि विरोधक = Fire resisting
अजैवी (उत्पत्ति) = Inorganic
अणू = Atom
अधिशोषण = Adsorption
अनानिलवान् = Anaerobic bacteria
अनुज्ञप्ति = License
अन्तर्दहन = Internal Combustion
अन्तर्विरोधक = Inhibitor
अन्तर्वेशन = Intrusion
अपघटन = Decomposition
अपघर्षक = Abrasive
अपद्रव्ये = Impurities
अपार्य = Impermeable
अप्रवेश्य = Impervious
अभिक्रियाकारक = Reagent
अभियांत्रिकी = Engineering
अम्लारी = Base
अल्क = Alkaly
असंतृप्त = Unsaturated
आकार्यतासाहाय्यक = Plasticiser
आगबंद विटा = Fire bricks
आंबट (खनिज) तेल = Sour (Crude) oil
आंबट (खनिज) वायू = Sour (Crude) gas
आम्लीकारक = Acidifying agent
आयोग = Commission
आयोजन = Planning
आर्द्रक = Wetting agent
आलग्नता = Viscosity
आल्कधर्मी = Alkaline
आल्किलीकरण = Alkylation
आल्किलमूलक = Alkyl radical
आसवीकरण = Fermentation
आसंगी = Adhesive
ऑक्टेनांक = Octane number
ऑक्सिडीभवन विरोधी = Anti-oxidant
उत्कलन = Boiling
उत्कलनांक = Boiling point
उत्प्रेरक = Catalyst
उत्प्रेरक भंजन = Catalytic cracking
उद्रेकीकाम = Extruding
उपउत्पादने = Byproduct
ऊर्ध्वपातन = Distillation
एकवारिक = Monomer
औष्णिक भंजन = Thermal Cracking
चुंबकीय = Magnetic
चुंबकीय क्षेत्रमापक = Magneto meter
कार्बनी (संयुग) = Organic (compound)
कार्बनीकरण = Carbonisation
काजळी = (Carbon) Black
कार्यान्वयन = Implementation
किण्वन = Fermentation
क्रियाशील = Active
कीटकनाशके = Pesticides
कीटक परिसारक = Insect repellant
कृमिनाशके = Vermicides
कोरणी = Bit
गॅस = Gasoline, Petrol
गाळाचे खडक = Sedimentary rocks
गुरुत्व = Gravity
गुरुत्वमापक = Gravity meters
गोठणरोधी = Anti freeze
गंज प्रतिबंधक = Corrosion inhibitor
गंजरोधी = Corrosion resistant

घट्ट होणारे तेल = Drying Oil
घनता = Density
चतुर्घात चक्र इंजिन = Four Cycle engine
चुनखडीचे खडक = Lime Stone
जनित्र = Generator
जल अपघटन = Hydrolysis
जलबुडभूपट्टी = Continental Shelf, Off-Shore
जलरोधक = Water proof
जीवरासायनिक = Biochemical
जीवाश्म = Fossils
जैवी (उत्पत्ति) = Organic
तन्यता = Ductility
त्वरक = Accelerator
ताणकाटा = Spring balance
तापस्थापित = Thermosetting
तापसुनम्य = Thermoplastic
तिरकस वेधणी = Directional drilling
तृण मारक = Herbicide
तैलआम्ल = Fatty acid
तैल पंजर = Oil trap
तैल क्षेत्र = Oil field
द्रवरूप वायू = Liquefied gas (L.P.G.)
द्रावक = Solvent
द्विबंध = Double bond
दुष्फेनिय पाणी = Hard water
नदीमुख प्रदेश = Delta
नम्य बाटली = Squeeze bottle
नळवाहिन्या = Pipe lines
निर्वातावस्था = Vacuum
निर्वात ऊर्ध्वपातन = Vacuum distillation
निर्जलक = Dehydrating agent
निर्मलक = Detergent
निष्कर्षक = Extractant
निस्तापित = Calcined
नैसर्गिक वायू = Natural gas
पटलिन = Laminates
परामर्शी अभियांत्रिकी = Engineering Consultancy
परावर्तित = Reflected
परिरक्षण = Preservation
परिवलन रूढ यंत्र = Rolling machine
परिष्करणकारक = Finishing agent
पुराजीव विज्ञान = Palaeontology
प्रकल्प = Project
प्रकल्पन = Design
प्रकाशीय क्रिया = Optical activity
प्रकीर्णकारक = Dispersing agent
प्रगल्भ = Advanced
प्रसामान्य = Normal
बाष्प = Vapour
बाष्पनशीलता = Volatility
बाष्पनशील तेल = Vaporising oil, power Kerosene
बुरशीनाशक = Fungicide
भूकंपीय = Seismic
भूकंपन लेखक = Seismograph
भूभौतिकशास्त्र = Geophysics
भूशास्त्र = Geology
भंजन = Cracking
मध्यम द्रव्ये = Intermediate
मूलक = Radical
मेद = Fat
मोटारस्पिरिट = Petrol
रचना सूत्र = Structural formula
राळ = Resin
रेणू = Molecule
रंगद्रव्ये = Dyestuffs
रंगलेप = Paint
रंग बंधक = Mordant
लाखरोगण = Lacquer
लेपन = Coating
वर्धक = Promoter (catalytic)
वर्णक = Pigment
वळया = Folds

विकास = Development
वितळजोड = Welding
विद्युत्‌अपघटन = Electrolysis
विद्युत कोरणी = Electric drill
विद्युत्-रोधी = Non-conductor of electricity
विद्युत्‌लेपन = Electroplating
विद्युत्‌वाहक = Conductor of electricity
विद्युत्‌विच्छेदन = Electrolysis
विप्रकृत = Denatured
विभंग = Faults
विमुखनति = Anticline
विरलकारक = Thinner
विशोधकस्तंभ = Rectifying column
विश्लेषण = Analysis
विसंवाहीकरण = Insulating
विस्तार विहिरी = Development well
विहायड्रोजनीकरण = Dehydrogenation
वेधणी = Drill
वंगण तेल = Lubricating oil
शीतक = Coolant
शीतकीकरण = Chilling
शुद्धीकरण = Refining
शोधक विहिरी = Discovery wells
सच्छिद्रता = Porosity
समघटकता = Isomerism
समाघात = Percussion
समावेशी = Additive
सल्लागारी अभियांत्रिकी = Engineering consultancy
समन्वेषण = Exploration
समन्वेषक सर्वेक्षण = Exploratory survey
सरल ऊर्ध्वपातन = Straight distillation
सरल शृंखला = Straight chain
सर्वेक्षण = Survey
सशाख शृंखला = Branched chain
साकलक = Coagulant
सामुद्रधुनी = Straits
सूक्ष्मभेदग्राही = Sensitive
सूत्र = Formula
संघटन = Organisation
संघननी = Condenser
संतृप्त = Saturated
संपीडन = Compression
संयुग = Compound
संयुजा = Valency
संश्लेषण = Synthesis
संश्लेषित = Synthetic
संस्करण = Processing
स्तर = Strata, layer
स्वादकारी = Flavouring agents
हायड्रोभंजक = Hydro-cracking
क्षपणक = Reducing agent



पारिभाषिक शब्दावली

(२) इंग्रजी–मराठी

Abrasive = अपघर्षक
Accelerator = त्वरक, त्वरणकारक
Acidifying Agent = आम्लीकारक
Active = क्रियाशील
Additive = पूरक, समावेशी
Adhesive = आसंगी
Adsorption = अधिशोषण
Advanced = प्रगल्भ
Alkalies = अल्के
Alkaline = अल्कधर्मी
Alkylation = अल्किलीकरण
Alkyl radical = अल्किल मूलक
Analysis = विश्लेषण
Anaerobic bacteria = अनानिल वानू
Anticline = विमुखनति
Anti foaming = फेणरोधी
Antifreeze = गोठणरोधी
Antioxidant = ऑक्सिडीभवनविरोधी
Antiseptic = प्रतिपूतिक
Atom = अणू
Base = अम्लारी
Biochemistry = जीवरसायनशास्त्र
Bit = बिट, कोरणी
Black (carbon) = काजळी
Boiling = उत्कलन
Boiling point = उत्कलनांक
Bottled gas = द्रवरूपवायू
Branched chain = सशाख शृंखला
Byproduct = उपउत्पादन
Calcined = निस्तापित
Carbonisation = कार्बनीकरण
Catalyst = उत्प्रेरक
Catalytic cracking = उत्प्रेरक-भंजन
Chilling = शीतकीकरण
Closed chain = बंद तोंडाची शृंखला
Coagulant = साकलक
Coating = लेपन
Commission = आयोग
Compound = संयुग
Compression = संपीडन
Condenser = संघननी
Conductor (electricity) = (विद्युत) वाहक
Continental shelf = जलबूड भूपट्टी
Coolant = शीतक
Corrosion inhibitor = गंज प्रतिबंधक
Corrosion resistant = गंजरोधी
Cracking = भंजन
Crude oil = पेट्रोलिअम
Decomposition = अपघटन
Dehydrating agent = निर्जलक
Dehydrogenation = विहायड्रोजनीकरण
Delta = नदीमुख प्रदेश
Density = घनता
Design = प्रकल्पन
Detergent = निर्मलक
Development = विकास
Development well = विस्तार विहिरी
Directional drillng = तिरकस वेंधणे
Discovery well = शोधक विहिरी
Dispersing agent = प्रकीर्ण कारक
Distillation = ऊर्ध्वपातन
Double bond = द्विबंध
Drill = वेंधणी
Drying agent = शोषक
Ductility = तन्यता
Dyestuff = रंगद्रव्ये
Electric drill = विद्युत वेंधणी
Electrolysis = विद्युत अपघटन,
विद्युत विच्छेदन
Electroplating = विद्युत लेपन

Emulsifying agent = पायसी कारक
Emulsion = पायस
Engineering = अभियांत्रिकी
Engineering consultancy = परामर्शी अभियांत्रिकी, समांत्रिकी अभियांत्रिकी
Exploration = समन्वेषण
Exploratory survey = समन्वेषक सर्वेक्षण
Extractant = निष्कर्षक
Extruding = उद्रेकी काम
Fat = मेद, तेल
Fatty acid = तैल आम्ल
Fault (geo) = विभंग
Fermentation = आसवीकरण, किण्वन
Fillers = पूरक
Finishing agent = संस्करण कारक
Fire brick = आगबंद विटा
Fire proof = अग्नि रोधक
Fire resistant = अग्निविरोधक
Flash point = प्रज्वलांक
Flavouring agent = स्वादकारी
Folds = वळ्या
Formula = सूत्र
Fossils = जीवाश्म
Four Cycle engine = चतुर्घात इंजिन
Fractional distillation = प्रभाजी ऊर्ध्वपातन
Fungicide = बुरशी नाशक
Gas = पेट्रोल, गॅसोलिन
Gasoline = पेट्रोल
Generator = जनित्र
Geology = भूशास्त्र
Geophysics = भू-भौतिक शास्त्र
Gravity = गुरुत्व
Gravity meter = गुरुत्व मापक
Hard water = दुष्फेनीय पाणी
Herbicide = तृण मारक
Hydro cracking = हायड्रो-भंजन
Hydrolysis = जल अपघटन
Igneous = अग्निज
Impermeable = अपार्य
Impervious = अप्रवेश्य
Implementation = कार्यान्वयन
Impurities = अपद्रव्ये
Inhibitor = अन्तर-विरोधक
Inorganic Chemistry = अकार्बनी रसायनशास्त्र
Inorganic (theory) = अजैवी (सिद्धांत)
Insect repellant = कीटक परिसारक
Insulating = विसंवाही करण
Intermediates = मध्यग द्रव्ये
Internal combustion engine = अन्तर्दहन इंजिन
Intrusion = अन्तर्वेशन
Isomerism = सम घटकता
Lacquer = लाख रोगण
Laminates = पटलिन
Layer = स्तर
License = अनुज्ञप्ति
Limestone = चुनखडीचा दगड
Liquefied petroleum gas (L.P.G.) = द्रव-रूप वायू
Lubricating oil = वंगण तेल
Magnetic = कर्षकीय
Magnetometer = कर्षकीय क्षेत्र मापक
Molecule = रेणू
Monomer = एकवारिक
Mordant = रंगबंधक
Natural gas = नैसर्गिक वायू
Non-conductor = विद्युत रोधी
Normal = असामान्य
Octane number = ऑक्टेनांक
Offshore = जलबुड भूपट्टी
Oil fields = तैल क्षेत्रे
Oil trap = तैल पंजर
Optical activity = प्रकाशीय क्रिया
Organic compounds = कार्बनी संयुगे
Organic theory = जैवी सिद्धांत

Organisation = संघटना
Paint = रंगलेप
Palaeontology = पुराजीव विज्ञान
Percussion = समाघात
Permeability = पार्यता
Pesticide = कीटकनाशके
Petrol = पेट्रोल, गॅस, गॅसोलिन
Pigment = वर्णक
Pipe-lines = नळवाहिन्या
Planning = आयोजन
Polymerisation = बहुवारिकीकरण
Porosity = सच्छिद्रता
Power kerosene = बाष्पनशील तेल
Preservation = परिरक्षण
Processing = संस्करण
Project = प्रकल्प
Promoter (catalyst) = वर्धक
Promotion = प्रवर्तन
Prospecting = पूर्वेक्षण
Radiation = प्रारण
Radical = मूलक
Reagent = अभिक्रियाकारक
Reclaimed (rubber) = पुनर्प्राप्त
Rectifying column = विशोधक स्तंभ
Reducing agent = क्षपणक
Refining = शुद्धीकरण
Reflected = परावर्तित
Reformed = पुनर्घटित
Refraction = प्रणमन
Refrigerant = प्रशीतन कारक
Resin = राळ, रेझिन
Ringcompound = बंद सोंडाच्या साखळीचे संयुग
Rolling machine = परिवलन रूळ यंत्र
Saturated = संतृप्त
Sedimentary = गाळाचा (खडक)
Seismic = भूकंपीय
Seismograph = भूकंप लेखक
Sensitive = सूक्ष्म भेद ग्राही
Separation = पृथक्करण
Solvent = द्रावक
Sour (crude) gas = आंबट वायू
Sour (crude) oil = आंबट तेल
Spring balance = ताण काटा
Squeeze bottle = नम्य बाटली
Straight chain = सरल शृंखला
Straight distillation = सरल ऊर्ध्वपातन
Straits = सामुद्रधुनी
Strata = स्तर
Structural formula = रचनासूत्र
Surface coating = पृष्ठलेपन
Surface tension = पृष्ठ ताणाव
Survey = सर्वेक्षण
Synthesis = संश्लेषण
Thermal cracking = औष्णिक भंजन
Thermoplastic = तापसुनम्य
Thermosetting = तापस्थापित
Thinner = विरलकारक
Tortion balance = पिळ काटा
Unsaturated = असंतृप्त
Vaccum = निर्वातावस्था
Vacuum distillation = निर्वात ऊर्ध्वपातन
Valency = संयुजा
Vapour = बाष्प
Vaporising oil = बाष्पनशील तेल, पॉवर केरोसीन
Vermicide = कृमीनाशके
Viscosity = आलगता, विष्यंदिता
Volatility = बाष्पनशीलता
Waterproof = जलरोधक
Welding = वितळ जोड
Wetting agent = आर्द्रक द्रव्य

परिशिष्ट चार

काही संदर्भ ग्रंथ

1. Indian Petroleum Hand-book 1970–71.
2. Oil for the Millions—By M. G. Menon.
3. The Story of Oil, the Petroleum Information Services, New Delhi.
4. Black Gold—By Sudhakar Raje.
5. Oil-Science in Industry—By L. Hunter.
6. Oil—British Industries—By Cassell & Co. Ltd.
7. Petroleum and Petrochemicals—By R. D. Patel.
8. Petrochemicals Digest—By M. G. Menon.
9. Hand-book of Petrochemicals and Products—By Petroleum Information Services, New Delhi.
10. Chemicals from Petroleum—By A. L. Waddams.
11. Petrochemicals (Chemistry in Action Series)—By Waddend Ray T.
12. धरा-समुद्रमंथन, लेखक—माधव राजवाडे.



परिशिष्ट पाच

काही उपयुक्त कोष्टके

(अ) **लांबी :**

१ इंच = २.५४० सेंटिमीटर
१ मैल = १.६०९ किलोमीटर
१ सेंटिमीटर = ०.३९३७ इंच
१ मीटर = ३.२८१ फुट
१ किलो मीटर = ०.६२१ मैल

(आ) **वजन :**

१ पौंड = ०.४५३६ किलोग्रॅम
१ लाँग टन = २,२४० पौंड
= १.१२ शॉर्ट टन
= १.०१६०५ मेट्रिक टन
= ७.५१० बॅरल
१ शॉर्ट टन = २,००० पौंड
= ०.८९२८ लाँग टन
= ०.९०७२ मेट्रिक टन
१ मेट्रिक टन = २२०४.६ पौंड
= ०.९८४२ लाँग टन
= १.१०२३१ शॉर्ट टन
= ७.३९६ बॅरल
१ बॅरल = १३५.१५ किलोग्रॅम

(इ) **आकारमान :**

१ घन इंच = १६.३८७ घन सें. मी.
= ०.०१६३९ लिटर
१ इंपेरिअल गॅलन = २७७.४२ घन इंच
= ०.१६०५ घनफुट
= ४.५४६ लिटर
१ लिटर = ०.०३५३१६ घनफुट
= ०.२१९९ इंपेरिअल गॅलन
= ०.००६२९ अमेरिकन बॅरल

१ घन मीटर = २१९.९७ इंपे. गॅलन
= २६४.१७ अमे. गॅलन
१ अमेरिकन गॅलन = २३१ घन इंच
= ०.१३३७ घनफुट
= ०.८३२७ इं. पे. गॅलन
= ०.०२३८१ अमे. बॅरल
१ अमेरिकन बॅरल = ५.६१५ घनफुट
= ३४.९७ इंपे. गॅलन
= ४२ अमे. गॅलन
= १५८.९८ लिटर

(ई) खनिज तेल व तज्जन्य उत्पादने ह्यांच्या घनता मर्यादा :

क्रूड तेल = ०.८०० ते ०.९७०
विमान पेट्रोल = ०.७०० ते ०.७८०
मोटार पेट्रोल = ०.७१० ते ०.७९०
केरोसीन = ०.७८० ते ०.९००
गॅस ऑईल = ०.८२० ते ०.९००
डिझेल तेल = ०.८२० ते ०.९२०
वंगण तेल = ०.८५० ते ०.९५०
फ्युएल ऑइल = ०.९२० ते ०.९९०
ॲस्फाल्ट = १.००० ते १.१००

□ □

परिशिष्ट सहा

भारतातील खनिज तेल, तेलशुद्धीकरण व पेट्रोरसायने ह्यांचा आढावा

[१]

खनिज तेल उत्पादक औद्योगिक संस्था व त्यांची निर्मिती (१९७२)

१. ऑइल व नैसर्गिक वायू आयोग	..	४.०९	दशलक्ष टन
२. ऑइल इंडिआ लि. ..	..	३.१८	दशलक्ष टन
३. आसाम ऑइल कंपनी ..	..	०.०८५	दशलक्ष टन
एकूण	..	७.३५५	दशलक्ष टन
[खनिज तेलाची आयात ..	..	१३.३८	दशलक्ष टन]

[२]

भारतातील तेलशुद्धीकरण करणाऱ्या औद्योगिक संस्था

एकूण ह्या संस्था नऊ असून त्या साधारण २१ दशलक्ष टन तेल शुद्ध करतात.

(दशलक्ष टन)

नाव	राज्य	शुद्धीकृत तेल
१. गौहत्ती ..	आसाम ..	०.७०३
२. बरौणी ..	बिहार ..	२.०७९
३. जवाहारनगर ..	गुजरात ..	३.४०४
४. कोचीन ..	केरळ ..	२.२००
५. मद्रास	तामिलनाडू ..	२.४३०
६. बर्माशेल	महाराष्ट्र (मुंबई) ..	३.५५०
७. एस्सो स्टॅंडर्ड (हिंदुस्थान पेट्रोलिअम्).	महाराष्ट्र (मुंबई) ..	२.५०३
८. कॅल्टेक्स ..	आंध्रप्रदेश ..	१.०५५
९. दिग्बोई ..	आसाम ..	०.४९७
	एकूण ..	१८.४२१

उभारणी चालू असलेले नवीन तेलशुद्धीकरण कारखाने		दशलक्ष टन
१. हलदिआ ..	पश्चिम बंगाल ..	२.५
२. मथुरा ..	उत्तर प्रदेश ..	६.०
३. बोंगायगाव ..	गुजरात	१.०

[शिवाय जुन्या कारखान्यांची निर्मिती-क्षमता वाढविण्यात येणार आहे.]

[३]

पेट्रोरसायनांचे कारखाने

१. युनियन कार्बाइड (इंडिया) लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
२. नॅशनल ऑरगॅनिक केमिकल इंडस्ट्रीज लि. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
३. युडेक्स् .. .. .. गुजरात
४. इंडियन पेट्रोकेमिकल्स कॉर्पोरेशन लि. .. गुजरात

(अ) प्लॅस्टिक उद्योग

१. पॉलिऑलिफिन इंडस्ट्रीज लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
२. पॉलिकेम लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
३. हर्दिल्लिआ केमिकल्स् लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
४. आल्कली अँड केमिकल कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लि. प. बंगाल (कलकत्ता)
५. हिंदुस्थान ऑरगॅनिक केमिकल्स लि. .. महाराष्ट्र (पनवेल)
६. इंडियन ऑरगॅनिक केमिकल्स लि. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
७. केमिकल्स् अँड प्लॅस्टिक्स् इंडिया लि. .. तामिळनाडू (मद्रास)
८. म्हैसूर अॅसिटेट अँड केमिकल्स कंपनी लि. .. कर्नाटक (बंगलोर)
९. हिंदुस्थान पॉलिमर्स लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
१०. इंडो-निपॉन केमिकल कंपनी लि. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
११. प्लॅस्टिक रेझिन्स अँड केमिकल्स लि. .. तामिळनाडू (शाहुपुरम)
१२. ईस्ट अँग्लिआ प्लॅस्टिक्स (इंडिया) लि. .. प. बंगाल (कलकत्ता)
१३. न्युकेम प्लॅस्टिक्स् लि. .. .. उ. प्रदेश (फरिदाबाद)
१४. म्हैसूर पेट्रो-केमिकल्स लि. .. .. कर्नाटक (बंगलोर)
१५. इंडियन प्लॅस्टिक्स् लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
१६. कॅलिको केमिकल्स अँड प्लॅस्टिक डिव्हिजन .. महाराष्ट्र (मुंबई)
१७. सुहृद गायगी लि. .. .. गुजरात (बडोदे)
१८. आसाम पेट्रो केमिकल्स् लि. .. .. आसाम (नामरूप)
१९. थिरुमलाइ केमिकल्स् लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
२०. अमिन्स् अँड प्लॅस्टिसायझर्स लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)

(ब) संश्लेषित रबर

१. सिन्थेटिक्स अँड केमिकल्स् लि. .. .. उ. प्रदेश (बरेली)
२. इंडियन पेट्रो केमिकल्स कॉर्पोरेशन लि. .. गुजरात (बडोदे)
३. बायर (इंडिया) लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
४. आल्कली अँड केमिकल कॉर्पोरेशन लि. .. प. बंगाल (कलकत्ता)

(क) संश्लेषित निर्मलक

१. हिंदुस्थान लिव्हर लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
२ हिंदुस्थान लिव्हर लि. .. .. प. बंगाल (कलकत्ता)
३. टाटा ऑइल मिल्स लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
४. स्वस्तिक ऑइल मिल्स लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)

(ड) संश्लेषित तंतू

१. केमिकल्स अँड फायबर्स ऑफ इंडिया लि. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
२. निर्लान सिंथेटिक फायबर्स अँड केमिकल्स लि. .. महाराष्ट्र (मुंबई)
३. जे. के. इंडस्ट्रीज लि. .. .. उ. प्रदेश (कानपूर)
४. मोदीपॉन .. .. .. उ. प्रदेश (मोदीनगर)
५. सेन्चरी एन्का लि. .. .. प. बंगाल (कलकत्ता)
६. बरोडा रेयॉन कार्पोरेशन लि. .. .. गुजरात (बडोदे)
७. गरवारे नायलॉन्स् लि. .. .. महाराष्ट्र (पुणे)
८. इंडियन ऑरगॅनिक केमिकल्स लि. .. तामिळनाडू (मद्रास)
९. स्वदेशी पॉलिकेम लि. .. .. उ. प्रदेश (घझियाबाद)
१०. श्री सिंथेटिक्स्, लि. .. .. उ. प्रदेश (उज्जैन)
११. श्रीराम फायबर्स लि. .. .. तामिळनाडू (मद्रास)

(इ) पेट्रोलिअम् कोक

१. इंडिया कार्बन लि. .. .. आसाम (गौहती)
२. आय. ओ. सी. कोक कार्पोरेशन प्लँट .. बिहार (बरौणी)

(फ) पेट्रोलिअम् काजळी

१. फिलिप्स् कार्बन ब्लॅक लि. .. .. प. बंगाल (कलकत्ता)
२. युनायटेड कार्बन इंडिया लि. .. .. महाराष्ट्र (मुंबई)

(ग) पेट्रोकेमिकल—नायट्रोजनयुक्त

१. फर्टिलायझर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लि. .. नवी दिल्ली
(बऱ्याच राज्यांमध्ये ह्या संस्थेचे उपविभाग आहेत)
२. गुजरात स्टेट फर्टिलायझर कंपनी लि. .. गुजरात (बडोदे)
३. इ. आय. डी. पॅरी लि. (फर्टिलायझर खाते) .. तामिळनाडू (एन्नोर)
४. मद्रास फर्टिलायझर लि. .. .. तामिळनाडू (मद्रास)
५. झुआरी अग्रो-केमिकल्स लि. .. .. गोवा (पणजी)

□ □

सूची

□ □


महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ
तमसो मा ज्योतिर्गमय

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ















१९३८ सालापासून सर्वसाधारण वाचकांना सुबोध होईल असे शास्त्रीय विषयांवर मराठीमधून लेखन. बऱ्याच मराठी नियतकालिकांमधून असे सुमारे १२५ लेख प्रसिद्ध झाले. विश्वकोशासाठीही काही लेखन केले. महाराष्ट्र राज्य भाषा संचालनालयात रसायनशास्त्र उपसमितीचे सदस्य.

आतापर्यंत मराठीमध्ये त्यांची दहा पुस्तके प्रसिद्ध. प्रस्तुत अकरावे पुस्तक. पैकी पाच पुस्तके स्वतंत्र असून त्यातील पहिल्या तीन पुस्तकांना महाराष्ट्र शासन व इतर ग्रंथोत्तेजक संस्थांकडून गौरवार्थ पारितोषिके मिळाली. त्याशिवाय सहा अनुवादित पुस्तके आहेत.

लेखकाची पुस्तके :

(अ) स्वतंत्र—
- (१) विज्ञान विलास (१९५५)
- (२) विज्ञान शोभा (१९५८)
- (३) विज्ञान सौंदर्य (१९५९)
- (४) साखर (१९७७)
- (५) खनिज तेल व तज्जन्य रसायने (प्रस्तुत १९७७)

(ब) अनुवादित—
- (१) अवकाश यात्रा (१९६४)
- (२) सागराचे दिव्य दर्शन (१९६४)
- (३) सागर तळाचा शोध (१९६५)
- (४) रसायनशास्त्राची करामत (१९६५)
- (५) एक ग्रह—नाव त्याचे पृथ्वी (१९६६)
- (६) विज्ञानाचे युग प्रवर्तक (१९६९)

शासकीय मध्यवर्ती मुद्रणालय, मुंबई

महाराष्ट्र राज्य साहित्य-संस्कृति मंडळ

मंत्रालय, मुंबई-३२

विज्ञानमालेतील प्रकाशने

रेडिओ दुरुस्ती (तृतीयावृत्ती)	श्री. श्री. वि. सोहोनी
रेडिओ--रचना आणि कार्य (द्वितीयावृत्ती)	श्री. श्री. वि. सोहोनी
अणुयुग	श्री. वि. त्र्यं. आठवले
मधुमेह	डॉ. भ. ग. गोगटे
कातनयंत्राचे अंतरंग	श्री. शं. गो. भिडे
रेकॉर्ड प्लेअर	श्री. श्री. वि. सोहोनी
यंत्रकाम--भाग १	श्री. शं. गो. भिडे
वस्त्रोद्योग (सुती)	कै. न. गो. देवधर
पाणी पुरवठा	प्रा. वि. न. घारपुरे
बुद्धिबळे	श्री. ना. रा. वडनप
मिष्टखाद्ये	डॉ. वा. वि. लवाटे
साखर	प्रा. प. म. वर्वे
ध्वनिवर्धन व वितरण व्यवस्था	श्री. श्री. वि. सोहोनी
पुस्तक बांधणी	श्री. वि. ना. लिमये
खाद्य तेले व मेदे	डॉ. न. गं. मगर

विज्ञानमालेतील आगामी प्रकाशने

भारतीय रेल्वे	श्री. अ. म. सहस्रबुद्धे
संगणकाचा परिचय	श्री. स. ग. काजरेकर
प्रकाशचित्रणकला	श्री. के. बा. गोडबोले
कागद	श्री. बा. शि. नाईक
ग्रंथनिर्मिती	श्री. य. गो. जोशी
सीमेंट	डॉ. भा. खं. घारपुरे
महाराष्ट्रातील वन्यप्राणी	सौ. शैलजा ग्रव